

科学

究竟是什么

(第三版)

〔英〕A.F.查尔默斯 著

What is This Thing Called
Science



商务印书馆

科学

究竟是什么 (第三版)

本书是国际上较流行的一部优秀的科学哲学教科书。作者在书中介绍了20世纪最有影响的科学哲学大家，如波普尔、库恩、拉卡托斯和费耶阿本德等人的主要学术思想，还介绍了20世纪最后20年科学哲学的最新发展。

网址：www.ep.com.cn

ISBN 978-7-100-05415-7



9 787100 054157 >

定价:20.00 元

B089/2=2

2007

科学究竟是什么？

(第 三 版)

[英] A.F.查尔默斯 著

鲁旭东 译

商 务 印 书 馆

2007年·北京

图书在版编目(CIP)数据

科学究竟是什么? 第3版/(英)查尔默斯著;鲁旭东译. —北京:商务印书馆,2007

ISBN 978-7-100-05415-7

I. 科… II. ①查… ②鲁… III. 科学哲学-普及读物 IV. N02-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 030129 号

所有权利保留。

未经许可,不得以任何方式使用。

科学究竟是什么?

(第三版)

[英] A.F.查尔默斯 著

鲁旭东 译

商务印书馆出版

(北京王府井大街36号 邮政编码100710)

商务印书馆发行

北京市白帆印务有限公司印刷

ISBN 978-7-100-05415-7

2007年11月第1版

开本850×1168 1/32

2007年12月北京第1次印刷

印张10%

印数5 000册

定价:20.00元

译者前言

在现代文明中,恐怕没有哪个领域像科学一样获得了这样崇高的地位和无与伦比的权威。无论是在日常生活和大众媒体,还是在学术界和高等院校,对科学的这种高度尊重是显而易见的。科学获得人类的如此礼遇,无疑与科学所取得的巨大成功有着密切的关系:科学使人认识了从微小的基本粒子到浩瀚的宇宙,从简单的细胞到复杂的生命系统,从现实的社会到虚拟的世界。科学的成果不仅改变了人的认识状态,而且改变了人们的日常生活。遗传工程突破了生长气候和土壤的限制,使人类能生产出更多更高质量的食物;生物技术能提高人们的健康水平,治愈许多过去的不治之症,延长人类的寿命;纳米技术将给人类提供新的材料,并且会给制造业带来一场革命;现代化的交通和通讯技术打破了地域的观念,使人们的交往更为便捷;信息技术更是通过网络把世界各地联在一起,使这个星球变成了一个地球村。在改变人们的物质生活条件的同时,科学技术也极大地影响着人类社会的进程,它改变了人们的思想观念和传统的生活方式、带来了新的社会分工,从而导致了新的社会分层、甚至整个社会结构的变化。

尽管科学并非是解决人类所有问题的灵丹妙药,尽管有人担忧科学技术的滥用会导致全球气候变暖、生态环境恶化、能源匮

2 科学究竟是什么？

乏、大规模杀伤性武器对人类的威胁以及诸如此类的其他负面影响，但仍有不少人醉心于现代科学的威力，他们把科学作为人类文明的典范，并赋予了科学无上权威，甚至把它当作万物的尺度；他们愿意把自己的理论称之为“科学的”，以显示他们的学说具有像科学那样的力量；他们对科学家的信任超过了对任何其他群体的信任。虽然，“科学”早已是现代社会中人们耳熟能详的一个词，但对于科学究竟有何特别之处能使它取得如此辉煌的成就和地位，或者说，对于什么是科学，人们却未必能说清楚。这个问题不仅令一般人感到困惑，即使对于学术界来说也是一个棘手的难题。哲学家们试图寻找把科学与其他知识区分开的特征，但他们一直众说纷纭，争论不休。本书的标题《科学究竟是什么？》（*What Is This Thing Called Science?*）暗示，这本书就是阐明和回答这类问题的一种尝试。作者试图通过澄清有关这个问题的认识，使人们了解“科学独特的和与众不同的特点”。

本书是英国著名学者 A. F. 查尔默斯（Chalmers）论述当代科学哲学的代表作。提起查尔默斯，相信许多读者对他的名字并不陌生。1982 年，他这部著作第一版的中文版首次在我国出版，是当时国内最早全面而系统地介绍 20 世纪西方科学哲学各流派的重要著作，它对科学哲学在学术复兴后的中国的传播、对我国科学哲学人才的培养以及学术研究的开展，都起到过重要的作用，有不少人正是读着这本书走入科学哲学的殿堂的。本书是 1999 年出版的《科学究竟是什么？》的第三版。

查尔默斯 1939 年出生于英格兰的布里斯托尔（Bristol），1961 年毕业于布里斯托尔大学（the University of Bristol）物理学系，1964

年在曼彻斯特大学(the University of Manchester)获理科硕士学位。在教了两年的物理学和科学史后,他又来到伦敦大学切尔西学院(Chelsea College, University of London)继续深造,并于1971年在那里获科学史和科学哲学专业的哲学博士学位。1971年,他赴澳大利亚悉尼大学(the University of Sydney)做博士后研究生,现在是该校科学史和科学哲学部的副教授,并且当选为澳大利亚人文学院(the Australian Academy of Humanities)的研究员。除了本书外,查尔默斯教授还著有《科学及其构造》(*Science and Its Fabrication*, 1990)以及大量有关科学史和科学哲学方面的论文。

《科学究竟是什么?》于1976年出版第一版后,便受到普遍欢迎和好评,成为了最畅销的科学哲学教科书。根据出版后的反应,作者对第一版的后半部分进行了重写,并于1982年出版了第二版。1999年他又出版了几乎是全新的第三版。自第一版出版以来的近30年的时间里,该书先后重印过十余次,并被翻译成15种文字(包括中文)。该书已成为了国外科学史和科学哲学专业的大学生和研究生的必读之物。

在本书亦即1999年的第三版中,作者进行了全面的修订和扩充,除个别部分保持原貌外,对其他部分进行了大范围的重写,对原有的各章进行了调整和补充,并且新增加了许多新内容。作者在介绍20世纪最有影响的科学哲学家波普尔、库恩、拉卡托斯和费耶阿本德的主要思想的同时,在新增加的部分回顾了20世纪最后20年科学哲学的新发展,重点阐述了贝叶斯主义(Bayesianism)、新实验主义(new experimentalism)、科学规律的本质以及实在论与反实在论的争论。

4 科学究竟是什么?

科学的本质和地位以及科学的方法,一直是学者们非常关注的问题。在波普尔以前的科学哲学中,由于逻辑实证主义长期占据主导地位,20世纪初经验主义和实证主义的科学观非常盛行,这两种科学观都认为,科学知识是以某种方式从观察所获得的事实中推导出来的,科学理论是以观察事实为基础并得到这些事实的支持的。查尔默斯分析了“科学是从事实中推导出来的”这种观点的两个困难,他指出:“其中的一个困难在于,知觉经验在一定程度上受观察者的背景和期望影响,因而,对一个人看来是可观察的事实,对另一个人就未必如此。第二个困难来自于对观察命题的真假的判断在一定程度上依赖于已知或假设的是什么,这样就使得可观察事实像作为其基础的前提一样是可错的。这两种困难都暗示着,科学之可观察的基础可能并不像人们广泛地和在传统上认为的那样直接和可靠。”^① 对于归纳主义者坚持科学知识是通过归纳推理从事实中推导出来的,查尔默斯认为,由于归纳论证本身的逻辑问题,归纳结果的合理性和可靠性也存在着疑问。

在20世纪20年代,当波普尔在维也纳求学时,他对归纳主义产生了怀疑,并与以鲁道夫·卡尔纳普为首的逻辑实证主义者展开了激烈的争论。波普尔认识到了归纳主义的窘境,主张科学不需要归纳,他认为,科学的特点在于,科学理论是可否证的(falsifiable)。科学知识的发展是从以问题为导向的猜想开始的,一旦提出了推测性的解决问题的理论,就要对之进行严格的检验。经受住检验并且没有被否证的理论将保留下来,否则将被淘汰。科学

^① 见本书原文(即边码,下同)第17—18页。

是通过试错、猜想和反驳向前发展的。只有适应性最强的理论才能够生存下。查尔默斯在伦敦求学时,曾聆听过波普尔的讲座,并参加过波普尔指导的研究班,他曾经是波普尔学派的一个成员。尽管如此,他仍然认为波普尔在某些方面确实错了,否认主义者把考察仅限于理论方面,而忽视了在现实当中,观察尤其是实验结果还涉及许多辅助性的假定和一些初始条件,因此,否认主义对科学的解释是有局限的。查尔默斯以科学史上的例子说明,当遇到否证时,理论并没有像波普尔所说的那样立刻被放弃,因为有错误的可能不是理论而是辅助性的假定或初始条件。

查尔默斯注意到:“归纳主义和否认主义对科学的说明都过于零碎了。它们把注意力集中在理论与个别的或成组的观察命题之间的关系上,而似乎未能把握重要的理论发展模式的复杂性。”^①所以,自20世纪60年代以来,许多学者认为,对科学更恰当の説明,必须从理解科学活动发生于其中的理论框架开始。在这方面,尤其突出的是美国科学哲学家托马斯·库恩和和波普尔的同事、匈牙利裔英国科学哲学家伊姆雷·拉卡托斯。

在查尔默斯看来,库恩理论的一个关键特征就是强调科学进步具有革命性,另一个重要特征是强调科学共同体的重要作用。库恩理论的核心概念是范式(paradigm),所谓范式由一些具有普遍性的理论假设和定律以及它们的应用方法构成,而所有这些都是某个特定的科学共同体的成员所接受的。当科学家遵循同一个范式时,他们是在从事库恩所谓的常态科学(normal science);在解决

① 见本书原文第104页。

6 科学究竟是什么？

问题的过程中,范式遇到阻碍会出现反常;而当遇到的困难到达难以控制的程度时,危机就会出现;谬误百出的范式会被另一种不相容的范式取代,从而出现革命;科学就是这样不断向前发展的。查尔默斯承认,在阐明什么是科学方面,库恩比波普尔更有说服力,“他的历史研究对于阐明科学的本质而言是一个重要的资料宝库”。^①但查尔默斯也看到,对于范式这样一个关键概念,库恩却未能给出精确的定义,而且,他自己是在多种不同的意义上使用这一概念的。由于概念不清,使得库恩无法讲清楚,怎样对不同范式加以比较,从而阐明范式转换的合理性;再加上他的“格式塔转换”的比喻,会给人留下转换双方的观点是不可比较的印象,“改宗”的比喻,使人觉得这种转变具有主观色彩,无法通过诉诸普遍认可的标准用合理的论证阐述清楚;更有甚者,库恩还认为我们发现科学的本质的方式“本质上是社会学的”^②,因此,他被许多人指责为有相对主义倾向,甚至被解读为是根本否认存在一种有关科学进步的合理标准,也就不足为怪了。尽管库恩为自己进行了辩解,但正如查尔默斯指出的那样,这种辩解是不能令人满意的。有评论指出,查尔默斯对库恩理论的详细分析,是本书最有价值的部分之一。

拉卡托斯是波普尔科学观的热心支持者,但他也认识到了波普尔的否认主义所遇到的困难,他试图修改否认主义以便使其摆脱困境。另一方面他也受到了库恩的影响,他吸收了库恩的部分

① 见本书原文第 128 页。

② 参见本书原文第 123 页。

思想,但拒绝了其相对主义的倾向。像库恩一样,拉卡托斯也认为应当把科学活动描述为是在某一框架中进行的,他用研究纲领(research program)的概念取代了库恩的范式。一个研究纲领由硬核(hard core)和保护带(protective belt)构成。硬核是一些非常一般性的假说,它们构成了一个研究纲领的基础。保护带是补充硬核的附加假说的总体,它们起着保护硬核免遭否证的作用。由于不满意库恩理论中的相对主义的结论,拉卡托斯寻求一种存在于纲领以外的标准,以便确定非相对主义意义的科学进步。他把研究纲领分为进步的和退步的:一个研究纲领如果前后一致并且至少间歇地导致被确证的新颖预见,就是进步的,否则就是退步的。科学革命的过程,就是一个进步的研究纲领取代一个退步的研究纲领。查尔默斯对于科学史中是否可以发现拉卡托斯的所谓硬核,尤其是拉卡托斯强调的使硬核呈现出不可否证特点的“方法论决策”,提出了质疑。在查尔默斯看来,拉卡托斯并没有对“方法论决策”的合理性作出清晰的回答,他也没有对科学知识的特征作出回答。查尔默斯认为,拉卡托斯未能给研究纲领的取舍提供标准,查尔默斯以哥白尼理论的发展为例说明,“对一个退步的纲领,怀有它会恢复生机的希望而坚持该纲领是合理的”^①。查尔默斯指出,拉卡托斯的方法论过于常宽泛,以至于可以与任何事物相协调,难怪费耶阿本德会揶揄说,欢迎他这个“无政府主义的同路人”。

从本书第二版开始,查尔默斯对 20 世纪最有争议的奥地利裔

^① 见本书原文第 146 页。

8 科学究竟是什么？

美国科学哲学家保罗·费耶阿本德予以了更多的关注，他观察到了费耶阿本德所产生的影响，并且认为，费耶阿本德的著作比他原来想象的重要得多。费耶阿本德也曾有段时间在伦敦与波普尔和拉卡托斯进行互动，并且对他们提出了批评。他对所有想保持科学方法的特殊地位的尝试提出了挑战，他论证说，并不存在这样的方法，而且事实上，科学并不具有一些特征可以使得它看起来必然比其他形式的知识优越。费耶阿本德进而宣称，如果存在一种单一的永远不变的科学方法原则，那么，这一原则就是“怎么都行”（anything goes）。费耶阿本德认为他已经证明，所有想说明科学具有优越于其他知识形式之特征的尝试都失败了，赋予科学那种至高地位的做法并未证明是合理的。查尔默斯分析说，费耶阿本德把其科学理论置身于一种高度评价个人自由的伦理学框架内，“从这种人道主义的观点出发，费耶阿本德为他的无政府主义科学观提供了证明，而他所依据的理由是，这种科学观可以使科学家摆脱方法论的束缚从而增加他们的自由，更一般地说，它可以使个人有自由在科学与其他形式的知识之间进行选择。”^①查尔默斯肯定费耶阿本德反对存在着一种普遍的非历史的科学方法的主张，但同时指出，费耶阿本德的观点实际上并未排除这样一种可能性，即“在科学中存在着一些方法和标准，但它们有可能因科学不同而相异，而且在某一门科学中它们是可变化的，而且会越变越好”。^②查尔默斯认为费耶阿本德对自由的理解过于偏激了，过分强调个

① 见本书原文第 156 页。

② 见本书原文第 162 页。

人的行为不受束缚就会影响他人的自由；而且，在科学中，费耶阿本德所倡导的那种自由是一种乌托邦，因为有很多情况是科学家们无法选择的，他们行动的自由并不完全取决于他们自己，而是取决于他们在实际中所掌握的资源以及其他因素。

本书第三版新增加的一部分内容是，对近年来科学哲学的两种重要发展的论述。一种发展是贝叶斯学派的出现，这个学派因其观点以贝叶斯概率定理为基础而得名。这个学派认为，哲学家们所强调的理論的可错性程度也许被误置或夸大了，像波普尔那样说一个得到充分确证的理論的概率为零是不恰当的。查尔默斯把注意力主要集中在考察豪森和乌尔巴赫所表述的主观贝叶斯主义的立场上。主观贝叶斯主义者对概率的解释是以科学家实际持有的信念的程度为根据的，他们论证说，以此为基础，可以形成对概率理論的前后一致的解释，而且，这种解释可以对科学作出非常公正的评价。查尔默斯认为，把概率当作信念程度，似乎可以反驳波普尔的所有理論的概率必然为零的主张，但也会导致一系列不幸的后果。主观贝叶斯主义者认为他们关于科学推理的解释是客观的，但他们描述科学家个人的主观信念程度的先验概完全是主观的且没有经过批判分析，他们难以说明，以此为基础如何能得出客观的评价。贝叶斯学派并不能回答相互竞争的理論的相对价值是什么，也无法解释在什么意义上可以说科学是进步的。查尔默斯指出，贝叶斯方法所提供的，只不过是一种根据新的证据调整赋予信念的概率的一般方式，它并没有把科学推理与其他领域进行区别。查尔默斯以一些例子说明，过分强调信念的主观程度是与科学史不符的，在对科学进行解释时也是行不通的。

另一种发展是新实验主义的兴起。从某种意义上说,新实验主义并非完全是新的,它发源于 20 世纪 60 年代中叶。从波普尔、库恩、拉卡托斯到费耶阿本德,哲学家们都强调观察对理论或范式的依赖,贝叶斯学派判断科学理论价值的背景理论假设,是通过先验概率引入的,因此也可以看作是这种依赖理论的传统的一部分。所有这些理论对科学的说明都存在着这样或那样的问题,它们在解释方面的失败导致了另一些哲学家的反思,正是在这样的背景下,新实验主义兴起了。

新实验主义者寻求从实验而非从观察中为科学寻找一个相对可靠的基础。他们声称实验有其自己独立的生命,可以不依赖大规模和高层次的理论,他们试图把实验知识与理论知识区分开,认为科学进步就是实验知识的积累。对于新实验主义者来说,最好的理论就是那些经受住严格检验的理论。按照黛博拉·迈约的解释,对某一理论的严格检验必须是该理论若为错误便不可能通过的检验,对实验定律的严格检验可以确证这些定律,科学知识的发展就是这些定律的积累和扩展。而通过发现错误的实验,可以使我们从错误中学习,也可以触发科学革命。新实验主义方法所隐含的意义是,否认实验结果永远是依赖“理论”或范式的,因为强调理论支配或范式支配的科学观认识不到而且也无法理解科学的最与众不同的部分——实验活动。另一些人把这种观点推向了极端,在他们看来,只有实验知识提出了关于世界的活动方式的可检验的主张。高层次理论只是起着某种组织或辅助作用,而不是提出关于世界的活动方式的主张。查尔默斯认为,“新实验主义已经把科学哲学带上了一条很有价值的道路,而且它是对过分强

调理论支配的方法的一种有益的矫正”^①。但他同时指出,新实验主义依然不是对科学特征的圆满回答,实验不依赖理论的程度,并非像新实验主义者声称的那样大。况且,“理论也是有某种重要生命的”^②。查尔默斯以史为据说明,完全否认理论的作用是错误的,因为在许多情况下,对实验和实验结果的评价必须以理论作参照。新实验主义没有也无法说明,如何能把理论从科学中排除出去。而且,新实验主义也没有告诉我们,怎么能把在实验环境以内获得的知识输送到那些环境以外并应用于其他地方。查尔默斯分析说,由于对实验操作的强调,使得新实验主义在很大程度与对某些学科尤其是对社会科学和史学的说明无关了,而它未能对理论在科学中所起到的各种关键作用作出适当的说明,则使得它的解释有失偏颇。

本书的另一部分新内容是,在讨论认识论问题的基础上,增加了对本体论问题的讨论。在这部分,查尔默斯首先讨论了规律的本质。一般认为,世界是受规律制约的,但对于规律是什么或者规律是关于哪类实体的等问题,回答起来并不容易。一种观点认为,规律只不过是事件之间的实际规则。查尔默斯认为,这种规则观没有区分偶然的规则和有规律的规则,而且规则既不是构成规律的充分条件,也不是其必要条件。查尔默斯进而指出,这种观点无法确定因果依赖的方向;由于它无法解释现实中的许多问题,因而只能把自己限制在实验环境内,但在实验环境内获得的规则并不

① 见本书原文第206页。

② 同上。

等同于既在实验环境以内、也在实验环境以外适用的科学规律。

查尔默斯倡导的是另一种观点，这种观点认为原因与规律是密切联系在一起的。这种观点是向亚里士多德理论的一种回归，按照这种观点，有规律的活动是由有效的因果作用引起的，规律表征的是事物的倾向、能动力量、能力或趋势。在查尔默斯看来这种规律的因果观有一个优势，即“它从一开始就承认所有科学实践所隐含的意义，即自然是能动的。它阐明了什么使得系统按照规律活动，而且它以一种自然的方式把规律与因果作用联系在一起”^①。但查尔默斯也清醒地认识到，自然界中的有些活动是不受因果规律约束的，因而有些规律并非必然是对因果作用的表征，最典型的例子就是热力学第一和第二定律以及基本粒子物理学中的一系列守恒定律。况且，对一个系统的演化进行全面的详细说明，并不需要有关因果过程的详细知识。

接下来查尔默斯论述了有关实在论与反实在论的争论。有一种哲学观点认为，我们无法借助直觉或任何其他方式直接接近实在，并解读有关它的事实；我们只能从人为的视角观察世界，并且用我们的理论语言来描述它；不仅在科学中，实际上在任何领域，我们都不能以任何方式接近实在，这就是所谓的全面反实在论。对此，查尔默斯指出：“尽管确实，我们不使用某种概念框架就无法描述世界，但我们仍然可以通过与世界的相互作用来检验那些描述的适当性。我们是通过与世界的相互作用，而不仅仅是通过对

^① 见本书原文第 220 页。

它的观察和描述发现世界的。”^① 由于实在论者与反实在论者都把科学看作是以真理为目的,因此,任何争论的一方都不支持全面反实在论。

实在论与反实在论的分歧在于,是否应该不加限制地把科学理论理解为真理的候选者?反实在论者强调,科学理论所包含的仅仅是一组可被观察和实验证实的主张。从强调实用的意义上,有时反实在论者也会被称作工具论者,但查尔默斯指出,这二者还是有区别的,其区别就在于,前者承认理论有真假之分,而后者否认这一点。反实在论把知识分为可观察层次上的知识和理论知识,可观察层次上的知识被认为是能可靠地证实的,而理论知识是不可能可靠地证实的,“它们只不过是帮助建设观察知识和实验知识大厦的脚手架,一旦它们的使命完成了,就可以把它们丢弃”^②。查尔默斯认为,反实在论面临着与新实验主义类似的问题,即怎么能用一种独立于理论的方式阐述和证实知识中在实验上有用的那一部分。反实在论遇到的另一个问题是,如果否认理论至少近似地为真,怎么解释理论在预见上取得成功呢?

科学实在论(scientific realism)批评反实在论不适当地过分强调了什么能够被观察和什么不能够被观察,而对科学中可通过实验操作来证实实体的存在却没有予以充分的注意。按照科学实在论的观点,科学的目的是在所有层次上提供实在和世界的活动的真命题,科学已经获得了至少近似真实的理论并作出了某些至少

① 见本书原文第 228 页。

② 见本书原文第 233 页。

符合实际的发现,就此而言,它在朝着这个目的前进。与以前的理论相比,现在的理论更真实,即使它们在未来被某种更精确的理论取代,它们至少仍然还是近似的真理。科学实在论者声称,可以像参照世界对科学理论进行检验那样,参照科学史和当代科学对科学实在论进行检验。波普尔及其信徒们试图弱化这种实在论观点,他们提出了一种猜想实在论(*conjectural realism*),这一观点强调我们的知识的可错性,而不主张我们现在的理论已被证明是近似真实的,也不明确地认定世界中存在的某些事物。猜想实在论认为科学实在论声称自己具有像科学那样的可检验性未免言过其实。查尔默斯指出:“猜想实在论存在的一个重要问题是它的主张的软弱无力。”^① 猜想实在论者承认,即使获得了有关世界存在的真实理论和真实表征,也没有办法知道这一点,对此查尔默斯质疑,猜想实在论与反实在论究竟有何区别?

查尔默斯是一位实在论者,他试图把握实在论与反实在论立场中最有价值的部分,并且提出了他所谓的非表象实在论(*unrepresentative realism*),他认为,这种观点与约翰·沃勒尔提出的所谓结构实在论(*structural realism*)有一些相似之处。他指出,科学试图表征实在的结构,并且在表征的精确程度方面取得了渐进的成功,从这种意义上讲,科学是实在论的。赋予实在的数学结构在稳步完善,而伴随那些结构的表现物却常常被替换,因此这两个术语都有它们各自的用处。

本书标题提出了“科学究竟是什么?”的问题,但对于那些想从

① 见本书原文第 241 页。

本书得到最终答案的读者来说,他们也许会有点儿失望,因为作者重申,“不存在这样一种关于科学和科学方法的普遍主张,它可以适用于所有科学和科学发展的所有历史阶段”^①。不过,作者认为,对不同阶段的不同科学进行表征仍是可能的和有意义的,他在本书中就试图对从17世纪科学革命时代到现代的物理学进行表征。查尔默斯指出,虽然哲学家不能提供一个关于科学的普遍说明,但科学哲学家的观点并非是可有可无的。因为,“在推动科学进步方面,科学家们通常是很出色的,但在阐明那种进步由什么构成方面,他们并不是特别出色”^②,阐述科学的本质和地位的工作仍要留给哲学家来完成。而且他认为,在本书中,他本人通过历史事例已经澄清了物理学是什么或者已经是什么。

从本书第一版起,查尔默斯就试图通过本书对有关科学本质的现代观点作一简明、清晰和基本的介绍。在实现这一意图方面,可以说,他还是比较成功的,这也正是本书出版后广受欢迎的原因之一。在这一版中,查尔默斯保留了原有的基本观点和清晰流畅的叙述风格,为了使讨论简单明了,查尔默斯尽量少使用过于专业化的术语。同时,他借用了大量科学史上的范例,既阐明自己的论点,又避免了冗长而枯燥的论述。通过这一版的调整,他更全面地向读者展示了20世纪科学哲学的基本问题、发展脉络、主要思潮以及最近的发展,不仅评价和比较了各种不同流派观点的长处,分析了它们存在的不足,而且也指出了科学哲学面临的紧迫任务。

① 见本书原文第247页。

② 见本书原文第252页。

作者在每章末都推荐了一些补充读物,这些著作都是相关领域最具代表性的著作,对于想更深入地了解这一领域的读者来说,它们提供了重要的阅读线索,非常有价值。本书对于想进入科学哲学领域的大学生和研究生,无疑是一本非常出色的教材;对于那些从事科学哲学和相关领域研究或者对这个领域感兴趣的人,本书亦不失为一本重要的参考读物。国外有评论家指出,这本书的风格简洁而明晰,所引证的生动事例使其内容丰富而翔实,因而可以说,这是一本充满活力和豪气的很有价值的著作。

本书根据 2003 年重印的第三版翻译。在翻译过程中,译者参考了包括本书第一版中译本在内的相关著作的中译本,因数目较多,恕不一一列举,谨向各位译者表示感谢和敬意。本书原文的注释都是书末注,为方便读者,译文将注释一律改为当页注。对于这样一本重要著作,译者在翻译时虽不敢有丝毫懈怠,但限于水平,恐怕仍难免有疏漏不当之处,敬请读者朋友批评指正。

译 者

2006 年 7 月 6 日

“像所有年轻人一样我想成为一个天才，幸好嘲笑打断了我的梦想。”

——劳伦斯·杜勒尔：《克利亚》

目 录

第一版序言	1
第二版序言	5
第三版序言	7
导言	9
第一章 科学是从经验事实中推导出来的知识	13
1. 一种广泛持有的常识科学观	13
2. 眼见为实	17
3. 视觉经验并非仅由被观察物决定	18
4. 表现为命题的可观察事实	23
5. 为什么事实先于理论?	26
6. 观察命题的可错性	28
7. 补充读物	32
第二章 作为实践介入的观察	33
1. 观察是被动的和个人性的还是主动的和公共性的?	33
2. 伽利略与木星的卫星	36
3. 可观察事实是客观的也是可错的	39
4. 补充读物	41

2 科学究竟是什么?

第三章 实验	42
1. 不应仅是事实还须是相关事实	42
2. 实验结果的产生和更新	44
3. 科学基础转变的历史例证	47
4. 实验是科学的适当基础	53
5. 补充读物	56
第四章 从事实中推导出理论:归纳推理	57
1. 引言	57
2. 初级逻辑	58
3. 科学定律是否能从事实中推导出来?	60
4. 构成完善的归纳论证的是什么?	62
5. 归纳主义的进一步问题	66
6. 归纳主义的吸引力	70
7. 补充读物	76
第五章 介绍否认主义	77
1. 引言	77
2. 一种支持否认主义的逻辑观点	79
3. 可否证性是理论的标准	80
4. 可否证度、清晰性和精确性	84
5. 否认主义与进步	89
6. 补充读物	93
第六章 精致否认主义、新颖的预见和科学的成长	95
1. 相对可否证度而非绝对可否证度	95
2. 日益增加的可否证性与特设性修改	96

3. 否定主义科学观中的确证	100
4. 大胆、新颖和背景知识	103
5. 归纳主义确证观与否定主义确证观的比较	105
6. 否定主义相对于归纳主义的优势	107
7. 补充读物	108
第七章 否定主义的局限性	110
1. 源于逻辑情境的难题	110
2. 以史为据看否定主义的不当	115
3. 哥白尼革命	117
4. 否定主义划界标准的不适当性和 波普尔的回答	126
5. 补充读物	128
第八章 作为结构的理论(一):库恩的范式	129
1. 作为结构的理论	129
2. 托马斯·库恩简介	132
3. 范式和常态科学	134
4. 危机和革命	138
5. 常态科学和革命的功能	143
6. 库恩科学观的优点	146
7. 库恩对通过革命而进步的矛盾心理	149
8. 客观知识	151
9. 补充读物	156
第九章 作为结构的理论(二):研究纲领	158
1. 拉卡托斯简介	158

4 科学究竟是什么?

2. 拉卡托斯的研究纲领	159
3. 研究纲领中的方法论及研究纲领的比较	164
4. 新颖的预见	167
5. 根据历史对方法论的检验	170
6. 拉卡托斯方法论的问题	173
7. 补充读物	177

第十章 费耶阿本德的无政府主义科学理论

1. 到目前为止的情况	179
2. 费耶阿本德反对方法的论点	180
3. 费耶阿本德对自由的倡导	187
4. 对费耶阿本德的个人主义的批评	189
5. 补充读物	191

第十一章 方法中的方法论变革

1. 反对普遍的方法	193
2. 以用望远镜观察的事实取代用肉眼观察的事实: 标准的变化	195
3. 理论、方法和标准的逐步变化	201
4. 轻松的插曲	204
5. 补充读物	207

第十二章 贝叶斯方法

1. 引言	208
2. 贝叶斯定理	209
3. 主观贝叶斯主义	212
4. 贝叶斯公式的应用	215

5. 对主观贝叶斯主义的批评	222
6. 补充读物	227
第十三章 新实验主义	229
1. 引言	229
2. 有自己生命的实验	231
3. 黛博拉·迈约论严格的实验检验	235
4. 从错误中学习与触发革命	239
5. 新实验主义展望	242
6. 附录:理论与实验可喜的一致	246
7. 补充读物	249
第十四章 为什么世界应当遵循规律?	250
1. 引言	250
2. 规律即规则	251
3. 规律是对能动力量或倾向的表征	255
4. 热力学定律和守恒定律	258
5. 补充读物	263
第十五章 实在论与反实在论	264
1. 引言	264
2. 全面反实在论:语言、真理和实在	265
3. 反实在论	270
4. 一些公认的异议和反实在论者的回答	272
5. 科学实在论与猜想实在论	277
6. 理想化	281
7. 非表象实在论或结构实在论	283

6 科学究竟是什么?

8. 补充读物	285
第十六章 结语	287
补充读物	292
参考书目	294
索引	305

第一版序言

xi

本书旨在就有关科学的本质的现代观点作一简明、清晰和基本的介绍。在我讲授科学哲学时,无论所教的是学哲学的学生,还是希望熟悉近年来有关科学的理论的科学家,我日益感到,没有一本、更不用说一小批适当的书可以推荐给初学者。可以利用的有关现代观点的唯一资料就是原著。然而,许多原著对于初学者来说太难了,而且无论如何,它们卷帙浩繁,要使之适合于大多数学生,并非易事。固然,对于任何想认真研究这一主题的人而言,本书并不能代替原著,但是,我希望本书将提供一个有用的和容易达到的起点,不这么做,连这样一个起点也没有。

我打算使讨论简单明了,对于本书大约三分之二的篇幅而言,这一意图证明是相当现实的。当我把本书写了大约三分之二,并且开始批判现代观点时,我惊异地发现,首先,我不同意那些观点的程度超出了我的想象,其次,从我的批判中正在产生一种相当有条理的替代观点。本书的最后几章对那些替代观点进行了概述。一想到本书后半部分不仅包含对当前有关科学的本质的观点的概括,而且包含对随后出现的其他观点的概括,我就会感到很高兴。

我对科学史和科学哲学的专业兴趣,是在伦敦、在一种受卡尔·波普尔(Karl Popper)教授的观点支配的气氛中开始的。从本书

2 科学究竟是什么？

的内容中，一定可以非常明显地看出，我应该感谢他、他的著作、他的讲座以及他指导的研究班，还应该感谢已故的伊姆雷·拉卡托斯 (Imre Lakatos) 教授。本书前半部分的形式，主要受惠于拉卡托斯关于研究纲领方法论的出色文章。波普尔学派的一个值得注意的
xii 特点就是，要求人们弄清楚自己所感兴趣的问题，并且用一种简单和直接的方式表述自己关于这个问题的观点。虽然在这方面，我主要感激波普尔和拉卡托斯的身体力行，不过，任何我所具有的简洁而清晰的表达能力，大部分来自于我与海因茨·波斯特 (Heinz Post) 教授的互动，我在切尔西学院 (Chelsea College) 的科学史和科学哲学系做博士论文时，他是我的指导老师。我无法摆脱这样一种不安的心情：他会把本书的副本退还给我，并且要求我把他不懂的部分重写。我要特别感谢我在伦敦的同事，他们大部分在那时还是学生，其中有一位名叫诺雷塔·科欧奇 (Noretta Koertge)，现在执教于印地安那大学 (Indiana University)，他曾给了我很大帮助。

我在前面提到了作为一个学派的波普尔学派，但是，直到离开伦敦到达悉尼以后我才充分认识到，我在什么程度上曾经属于一个学派。我惊讶地发现，受维特根斯坦 (Wittgenstein) 或威廉·V. O. 奎因 (William V. O. Quine) 或马克思影响的哲学家们认为，波普尔在许多问题上是完全错误的，有些人甚至认为，他的思想确实是很危险的。我认为，我从那种经历中认识到了许多东西。我所获得的一种认识就是，正如本书后面的部分所证明的那样，在许多重要问题上波普尔的确是错了。但无论如何，这并不能改变这样一个事实，即波普尔的方法比我所遇见的大多数哲学系采用的方法好无数倍。

我非常感激我在悉尼的朋友,他们帮助我从沉睡中清醒过来。我这么说并不是想暗示,我接受了他们的观点而没有接受波普尔的观点。他们也知道不是这样。可是,由于我没有时间说一些有关框架之不可公度性的蒙昧主义的废话(在这里,波普尔学派的人会竖耳倾听),我不得不对我在悉尼的同事和对手的观点予以承认和作出反驳,这使得我必须了解他们的观点的长处和我自己观点的弱点。我把让·居尔特瓦(Jean Curthoys)和沃尔·萨奇汀(Wal Suchting)挑选出来在这里特别提一下,我希望这不会让任何人感到心烦意乱。

幸运和专心的读者,会在本书中发现从弗拉基米尔·纳巴科夫(Vladimir Nabokov)那里偷来的古怪的比喻,并且会体会到我对他的某种谢意(或歉意)。

最后,我要向那些对本书漠不关心的朋友、不打算阅读本书的朋友以及在我撰写本书时不得不迁就我的朋友表示热情的“问候”。

艾伦·查尔默斯

1976年于悉尼

第二版序言

xiv

从本书第一版的反应来看,本书的前8章似乎很好地起到了“就有关科学的本质的现代观点作一简明、清晰和基本的介绍”的作用。人们也似乎相当普遍地一致认为,后4章未能起到这样的作用。因此,在这次的修订扩充版中,本书第一章至第八章没有什么实质性的变化,我用了全新的6章取代了最后4章。第一版后半部分的一个问题是,它没有继续进行简明和基本的讨论。我已经做了尝试,使新增加的那几章简明易懂,尽管我担心,在讨论最后两章的复杂问题时不能完全做到这一点。虽然我试图使讨论简明易懂,但并不指望我因此就不会引起争议。

本书第一版后半部分的另一个问题是有欠清晰。尽管我依然确信,我在那里的大部分探索是在正确的轨道上进行的,但我的确像我的批评者明确地指出的那样,未能表述一种前后一贯和论证完备的立场。不能把所有这一切完全归咎于路易·阿尔杜塞(Louis Althusser),他的观点在写作时代是很流行的,在本书新的这一版中,仍然可以看到这种观点在一定程度上的影响。我已经从我的经验教训中学到了一些东西,在未来,我将非常谨慎,以免不适当地受最新的巴黎时尚的影响。

我的朋友特里·布莱克(Terry Blake)和丹尼斯·拉塞尔(Denis

6 科学究竟是什么？

Russell)使我相信,保罗·费耶阿本德(Paul Feyerabend)的著作的重要性比我以前准备承认的大得多。在本书的新版中,我对他予以了更多的关注,并且试图把小麦与谷壳区分开,把反方法主义与达达主义区分开。我也必须把有重要意义的话与“有关框架之不可公度性的蒙昧主义的废话”区分开。

xv 本书的修订在很大程度得益于无数同事、评论者和通信者的批评。我不想把他们的名字一一列出来,但我承认享受了他们对我的恩惠,并且在此表达我的谢意。

由于这一修订本有了一个新的结尾,封面上那只猫原来的特征没有了。然而,尽管这只猫没有了胡须,但她似乎有相当一批拥护者,因此我们保留了她,只不过要请读者对她咧嘴笑的表情重新作一番解释。

艾伦·查尔默斯

1981 年于悉尼

第三版序言

xvi

这一版对前一版进行了大范围的重写,在这一版中,原有的诸章中只有少数几章基本保持了原貌,多数都被替换了。还有许多章是新增加的。有两个理由说明,这样的变化是必要的。第一,从第一次撰写本书以来的 20 年间,我一直从事科学哲学入门课程的教学工作,教学经验使我懂得了如何把这项工作做得更好。第二,在过去的 10 年或 20 年中,科学哲学有了如此重大的发展,以至任何一本入门性的教科书都需要对此予以说明。

当今有影响的一个科学哲学学派有这样一种尝试,即用一条概率计算的定理——贝叶斯定理来建立对科学的说明。第二种倾向是“新实验主义(the new experimentalism)”,它比以往任何时候都更关注科学中实验的本质和作用。第十二章和第十三章分别对这些思想流派进行了描述和评价。最近的研究,尤其是南希·卡特赖特(Nancy Cartwright)的研究,把有关科学中所出现的规律的本质问题提到了显著地位,因此,新的这一版专门辟出一章讨论这一话题,以便与有关科学的实在论解释和反实在论解释的争论齐头并进。

因而,虽然我不想冒昧地说我已经为构成本书标题的问题提供了明确的答案,但我已经尽了力,以便与当前的争论保持同步,

8 科学究竟是什么？

并且用一种较少专业化的方式把它介绍给读者。每章的结尾都有一些关于推荐读物的建议,对于那些希望更深入地研究这些问题的读者来说,这些读物将是他们的一个有用的全新起点。

xvii 对于那些使我知道如何修订本书的同事和学生,我不想一一列出他们的名字。1997年6月在悉尼举行了“走过20年的《科学究竟是什么?》”国际研讨会,这次会议使我获益匪浅。我要感谢那次研讨会的主办方:英国文化委员会(the British Council)、昆士兰大学出版社(the University of Queensland Press)、开放大学出版社(the Open University Press)、哈克特出版公司(Hackett Publishing Company)和《出版之树》(Uitgeverij Boom)杂志社,还要感谢那些参加和参与这一活动的同事和老朋友。这件事极大地鼓舞了我的士气,并且激励我从事包括重写这本教科书这样的重要工作。大部分重写工作是在我担任麻省理工学院狄布纳科学技术史研究所(the Dibner Institute for the History of Science and Technology, MIT)的研究员时完成的,我要对这家研究所表达感激之情。对于从事某种需要聚精会神的工作而言,我不可能期望还有比这里更有益和能提供更多支持的环境。我要感谢哈索克·张(Hasok Chang),他仔细阅读了本书的手稿并且提供了有益的意见。

我已经忘记了这只猫咧嘴笑的含义,但对于继续同意保留她,我似乎找到了一种暗示,这能使人恢复信心。

艾伦·查尔默斯

1998年于马萨诸塞州剑桥市

导 言

xix

科学得到了高度的尊敬。显然,人们普遍持有这样一种信念,即科学及其方法具有某种特殊的东西。说某种主张或某个推理方法或某项研究是“科学的”,就是想暗示它们具有某种价值或某种特别的可靠性。但是,如果科学真有什么特殊的东西的话,那么它是什么呢?这种据称能导致特别有价值或特别可靠的结果的“科学方法”是什么呢?本书就是阐明和回答这类问题的一种尝试。

尽管有些人已从对科学的梦幻中醒悟过来,因为他们认为科学应对例如氢弹和污染等结果负责,但有许多日常生活的证据表明,科学仍然获得了高度的尊重。各种广告常常断定,某种特殊的产品已在科学上证明比与其竞争的产品更可靠、更有效、更性感,或者在某些方面更胜一筹。这样做就是想暗示,那些断言是有充分根据的,并且可能是没有争论余地的。最近的一个倡导基督教科学的报纸广告,以“科学断言基督教《圣经》被证实是真的”作为标题,进而告诉我们:“甚至连科学自己现在都相信它”。在这里我们看到的是,直接诉诸科学和科学家的权威。我们也许有理由问一下:这种权威的基础是什么?对科学的高度尊重并非仅仅限于日常生活和大众媒体。这种情况在学术界和高等院校也是显而易见的。许多研究领域现在被它们的支持者描述为是科学,他们大

10 科学究竟是什么？

概要尽力暗示，他们所使用的方法像传统科学如物理学和生物学一样是有牢固基础的，并且有可能取得丰硕的成果。现在，政治科学和社会科学已经成了常见的用语。许多马克思主义者热衷于坚持历史唯物主义是一门科学。此外，图书馆科学、管理科学、演讲科学、森林科学、乳品科学、肉类和家畜科学以及丧葬科学，都出现在大学的教学提纲中了。^① 有关“创世科学”的地位的争论仍在进行之中。在这一背景下值得注意的是，参与争论的双方都假定存在着某种特别的“科学”范畴。他们的分歧是，创世科学是否具有科学的资格。

许多所谓的社会科学或人文科学都赞成一种论证方式，这种方式可以大致表述如下：“据假定，物理学过去 300 年无可怀疑的成功应归因于应用了一种特殊的方法，即‘科学方法’。因此，如果社会科学和人文科学要像物理学那样取得成功，那么首先要理解和阐明这种方法，然后要把它应用于社会科学和人文科学。”这种论证方式引出了两个根本性的问题，亦即，“这种据称是物理学成功之关键的科学方法是什么？”以及“把那种方法从物理学转移并应用到其他领域是否合理”？

所有这一切突出了这样一个事实，即有关与其他种类的知识相对立的科学知识的独特性问题，以及有关科学方法的严格鉴定问题，被看作是极为重要和非常有意义的。然而，正如我们即将看到的那样，对这些问题根本无法作出直截了当的回答。有一种尝

^① 这一清单摘自 C. 特拉斯德尔(C. Trusedell)的一项调查，转引自 J. R. 拉维茨(J. R. Ravetz)的著作(1971)，第 387 页注释。

试旨在把握回答这些问题的普遍的直觉知识,这一合宜的尝试也许可以用这样一种思想来概括:科学最特别之处在于,它是从事实中推导出来的,而不是以个人的观点为基础的。这也许会使人注意到这样一种观念:虽然人们对查尔斯·狄更斯(Charles Dickens)的小说和 D. H. 劳伦斯(D. H. Lawrence)的小说的相对优点可能有不同意见,但是对伽利略(Galileo)的相对性理论和爱因斯坦(Einstein)的相对论的相对优点,人们的观点却没有这样变化的余地。据假设,正是事实决定着爱因斯坦的创新超过了以前有关相对性的观点,任何意识不到这一点的人绝对是错误的。 xxi

正如我们即将看到的那样,对于这一思想,即科学知识与众不同的特征就在于它是从经验事实中推导出来的,纵使认同,也只能以一种非常谨慎和高度限制的方式认同。我们无意之中会发现一些理由,使我们可以怀疑,通过观察和实验所获得的事实是否像传统上假设的那样是直接的和可靠的。我们还会找到一个强有力的论据来支持这一主张:即使假设可以获得一些事实,也不能通过参照那些事实确定地证明或确定地否定科学知识。有些支持这种怀疑论的论据是以对观察之本质的分析为基础的,并且是以逻辑推理的本质和逻辑推理的能力为基础的。另一些则来自于对科学史和当代科学实践的密切注视。现代科学理论发展与科学方法论发展中的一个特点是,对科学史的日益重视。这种情况引起了一个令许多科学哲学家困惑的结果,这就是:科学史上那些通常被认为是最能体现重大进展的事件,无论它们是伽利略、牛顿(Newton)、达尔文(Darwin)抑或爱因斯坦的创新,都与标准的对科学之哲学说明所说的它们本应如何的情况不相符。

对于这种认识即科学理论不能确定地证明或否定,而且哲学家的重构与科学中实际发生的情况几乎没有什么相似之处,有一种回应就是,完全放弃这一思想:科学是按照某种特殊的方法进行的合乎理性的活动。正是某种与此有些类似的反应导致哲学家保罗·费耶阿本德(1975)撰写了一本题为《反对方法:无政府主义认识论纲要》(*Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*)的著作。按照对费耶阿本德后来著作中最极端的观点已有的解释,科学没有任何特殊的特性使得它在本质上优越于其他种类的^{xxii}知识,例如古代的神话或伏都教。对科学的高度尊重看起来像是一种现代宗教,其作用类似于基督教在欧洲古代时期所起的作用。这就是在暗示,对科学理论的选择可以简单地归结为根据个人的主观价值和意愿所决定的选择。

费耶阿本德对那些使科学合理化的尝试表示怀疑,那些近年来从社会学角度或所谓的“后现代主义”角度写作的作者也都持有这样的态度。

这种对关于科学和科学方法的传统解释所遇到的困难的反应,将受到本书的抵制。本书所作的一种尝试是,承认费耶阿本德和其他许多人的挑战中合理的东西,但对科学所作的说明,仍要以一种能够回答那些挑战的方式,使人们注意科学独特的和与众不同的特点。

第一章 科学是从经验事实中 推导出来的知识

1

1. 一种广泛持有的常识科学观

在《导论》中,我斗胆指出,对于科学知识具有与众不同的特点的流行观念,可以用一句口号来表现:“科学是从事实中推导出来的”。在本书的前4章中,我将对这种观点进行一种批判性考察。我们将会发现,对人们典型地认为包含在这个口号中的许多东西,是无法为之辩护的。不过,我们依然会发现,这个口号也不完全是被误导的,我将试图阐明它的一种有理可辩的形式。

当有人声称科学的特别之处就在于它是以事实为基础的时,这些事实被假定为就是一些关于世界的主张,它们可以通过仔细和无偏见地运用感官直接证实。科学是以我们所能看到、听到和触摸到的东西为基础的,而不是以个人的观点或推测性的想象为基础的。如果对世界的观察是仔细的和无偏见的,那么,以这种方式确定的事实将为科学构建一个可靠的和客观的基础。如果再进一步,推理使我们从这些事实基础到达构成科学知识的定律和理论,而且这种推理是完备的,那么,由此产生的知识本身就可以看

作是得到了可靠证实的和客观的。

以上这些评论，就是一个人们耳熟能详的传说的梗概，它在范围广大的有关科学的文献中都有所反映。在其论述科学方法的一本著作中，J. J. 戴维斯[J. J. Davies (1968)，第 8 页]写过这样一句话：“科学是建立在事实基础上的一栋大厦”，对于这样一个论题，H. D. 安东尼[H. D. Anthony (1945)，第 145 页]曾作过详细的阐述：

2 导致与传统决裂的与其说是伽利略所作的观察和实验，莫如说是他对观察和实验的**态度**。对于他来说，以观察和实验为基础的事实就被认为是事实，并且被认为是与某种先入之见无关的……观察事实也许能也许不能符合现已承认的宇宙图式，但是，按照伽利略的观点，重要的是接受事实，并且建立符合这些事实的理论。

在这里，安东尼既清楚地表述了这种观点，即科学知识是以观察和实验所确定的事实为基础的，但也给出了历史上对这种观点的一种曲解，而在这方面，他并非是独一无二的。有一种颇有影响的主张认为，历史事实其实是，现代科学诞生于 17 世纪初叶，那时，人们刚开始认真地采取这样一种策略，即真正把观察事实当作科学的基础。在那些接受并且利用这个关于科学诞生的传说的人看来，在 17 世纪以前，观察事实并没有真正被当作是知识的基础。相反，按照人们所熟知的传说，知识在很大程度上是以哲学家亚里士多德的权威和《圣经》的权威为基础的。只有当这种权威受到像

伽利略这样的新科学的先锋诉诸经验的挑战时,现代科学才成为可能。以下是常被人们谈起的有关伽利略和比萨斜塔的故事,这段叙述引自罗博瑟姆(Rowbotham)的著作(1918,第27—29页),它相当明确地体现了上述思想:

伽利略和大学教授们一起做的第一个令人信服的实验,与他对用落体说明的运动规律的研究有关。有一条公认的亚里士多德的公理认为,落体的速度是由它们各自的重量控制的:因而,一块两磅重的石头落下时要比只有一磅重的石头快一倍。在伽利略提出他的否定意见之前,似乎没有人怀疑这一规律的正确性。伽利略断言,重量与下落速度无关,而且……两个重量不等的物体……将同时落在地面。当伽利略的命题受到许多教授嘲笑时,他决定做一个公开的试验。为此,他邀请整所大学的人去见证他将在斜塔上完成的实验。第二天清晨,他出现在聚集在一起的大学师生和市民的中间,他带着两个球爬上这座塔,其中的一个球重 100 磅,另一个重 3 1 磅。在小心翼翼地使这两个球在栏杆边上保持平稳后,他同时推动了它们,它们看起来是在以同样的速度下落,过了一会儿,随着一声重响,它们一起撞击地面。旧的传统变成了错误,而以这位年轻的发现者为代表的现代科学,证明了自己的地位。

我把科学知识是从事实中推导出来的观点称之为常识科学观,有两个思想学派都试图使这种观点形式化,它们一个是经验主

义学派,另一个是实证主义学派。在英国,17 和 18 世纪的经验主义者,尤其是约翰·洛克(John Lock)、乔治·贝克莱(George Berkeley)和大卫·休谟(David Hume),都认为所有知识都应当从某些观念推导出来,这些观念是通过感官知觉植入头脑中的。关于什么可算作事实,实证主义者有一种更宽泛而且较少心理学倾向的观点,不过他们也像经验主义者一样,认为知识应当从经验事实中推导出来。逻辑实证主义学派是 20 世纪 20 年代发源于维也纳的一个学派,它继承了奥古斯特·孔德(Auguste Comte)在 19 世纪提出的实证主义,并且试图使之形式化,它密切关注科学知识 with 事实之关系的逻辑形式。经验主义和实证主义持有共同的观点:科学知识应当以某种方式从观察所得的事实中推导出来。

科学是从事实中推导出来的这一主张,涉及了两个截然不同的问题。第一个问题关系到这些“事实”的本质,以及科学家打算怎样获得这些事实。第二个问题关系到在这些事实获得之后,构成我们知识的定律和理论是怎样从它们之中推导出来的。我们将依次研究这两个问题,我们将在这一章以及接下来的两章讨论被认为是科学之基础的事实的本质,在第四章讨论这一问题:对于科学知识是从事实中推导出来的主张,人们会怎样看。

可以把常识观中假设事实是科学的基础的立场区分为三个组成部分,它们分别是:

- (a) 事实是细心和无偏见的观察者通过感官直接获得的。
- (b) 事实是在理论之前并且独立于理论的。
- (c) 事实为科学知识构建了一个牢固的和可靠的基础。

我们即将看到,这些主张中的每一个都面临一些困难,至多只

能以一种高度限制的方式接受它们。

2. 眼见为实

一定程度上是由于视觉是在观察世界时使用得最广的感觉,一定程度上是由于方便,我将把我对观察的讨论限制在观看的范围。在大多数情况下,不难理解为什么所提出的上述论点要予以修正,以便适用于其他感官。以下也许是关于观看的一个简单说明。人类用自己的眼睛看东西。而人类眼睛最重要的组成部分就是晶体和视网膜,后者的作用像是一个屏幕,晶体将在这里形成眼睛外部的客体的映像。来自被观察物的光线,通过居间媒介从客体到达晶体。这些光线会被晶体的物质折射,这样它们被送到视网膜上的一个焦点,从而形成客体的一个映像。到这里为止,眼睛的功能是与一架照相机的功能相似的。但在记录最终成像方面,它们有很大差异。视神经从视网膜通到中枢神经的大脑皮层。这些神经将输送有关到达视网膜的不同区域的光的信息。正是大脑对这种信息的记录,构成了人类观察者对物体的观看过程。当然,对这一简化的描述还可以增加许多细节,但所提供的这一说明已经把普遍的观点概括进去了。

前面对通过视觉进行观察的说明,强烈地暗示了包含在常识科学观或经验主义科学观中的两个论点。第一个论点是,一个人类观察者或多或少会直接获得有关世界的某些事实的知识,因为这些事实是大脑在看的活动中记录下来的。第二个论点是,两个正常的观察者在同一地点观看同一物体或同一景象时,将“看到”

相同的东西。到达每个观察者的眼睛的同样的光束,将被他们正常的眼球晶体聚焦在他们正常的视网膜上,并且会引起相似的视觉映像。随后,相似的信息会通过每个观察者正常的视神经传输到他们的大脑,从而使两个观察者的观看过程产生同样的结果。在以下诸节我们将会明白,为什么这种描述会使人产生严重误解。

3. 视觉经验并非仅由被观察物决定

按照一种极端形式的常识观,关于外在世界的事实是通过视觉直接提供给我们的。我们需要做的就是面对我们面前的世界,并且记录我们在那里的所见之物。我完全可以通过注视我眼前的东西来证实,我的书桌上有一盏灯,或者我的铅笔是黄色的。这种观点可以得到我们业已看到的一种有关眼睛如何工作的叙述的支持。如果这就是眼前的一切,那么,所见之物就是由被观看物的性质决定的,观察者在面对同样的景象时,总会获得同样的视觉经验。然而,有大量证据显示,情况完全不是这样。两个正常的观察者在同样的物理环境下、从同一地点观看同一物体时,即使在他们各自的视网膜上的映像可能实质上是相同的,也并非必然会获得同样的视觉经验。两个观察者不一定“看到”同样的事物这一点,有着重要的意义。正如 N. R. 汉森[N. R. Hanson (1958)]指出的那样:“看不仅仅是与眼球相遇”。可以用一些简单的例子来说明这一点。

我们中的大多数人第一眼看图 1 时,看到的是一个可以看见其梯级上表面的楼梯的素描。但这并非是我们可能看到它的唯一

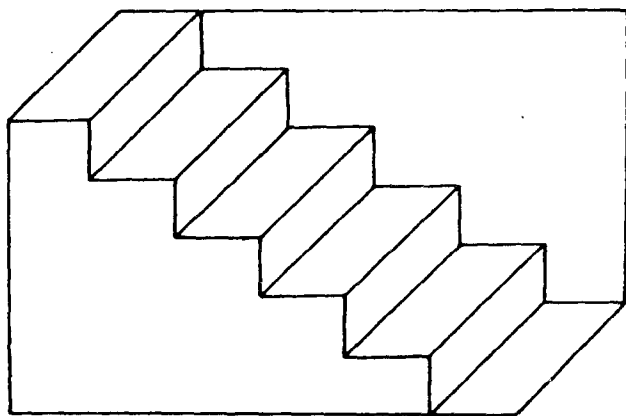


图 1

方式。也可以毫不困难地把这幅图看作是一个可以看见其梯级下表面的楼梯。接下来,如果你盯着这幅图看一段时间,你通常都会发现,你所看到的是一幅频繁和不知不觉地变换的图,由从上方看的楼梯,变成从下方看的楼梯,随后又会变回去。似乎可以合理地假设,既然它仍是观察者所看到的同一个物体,视网膜映像并没有变化。这幅图究竟是被看作一个从上方看的楼梯抑或从下方看的楼梯,似乎并不取决于观看者的视网膜映像,而是取决于某种其他因素。我猜想,没有一个本书的读者会怀疑我的这一主张:图 1 描绘的是一个楼梯。然而,对于非洲部落的成员来说,由于他们的文化中并不含有用二维透视画描绘三维物体的习惯,当然也没有用这种方式描绘楼梯的习惯,因而对那些部落成员的一些实验表明,他们根本不会把图 1 看作是一个楼梯。这样,似乎又可以推断,在看的活动中,个人所获得的视觉经验并非完全是由他们视网膜上的映像决定的。汉森的著作(1958,第 1 章)中还有更多可以说明这一点的令人着迷的例子。

- 7 一幅儿童画谜提供了另一个实例，这幅画谜要求在一棵树的素描画上，从其树叶中找出一个人脸的画像。在这里，最初所看到的，亦即一个观看这幅素描的人所体验到的主观印象，是一棵树，它有树干、树枝和树叶。但是，一旦在树叶中发现人脸，这种情况就会改变。曾经被看作是树枝和树叶的部分，现在被看出是一张人脸。同样，在解开这个谜之前和之后，人们所看到的是同一个物理对象，因而可以假定，当这个谜被解开、人脸被发现时，观察者视网膜上的映像没有变化。如果一个观察者一旦解开了这个谜，以后再看这幅画，他就会很容易而且很快地看到那张脸。这似乎意味着，在某种意义上，观察者所看到之物是受他或她过去的经验的影响的。

也许有人会问：“这些构想出来的例子与科学有什么关系？”对此的回答是，可以很容易地举出各种科学实践的例子，它们说明了同样的观点，即当观察者注视某一个物体或同一景象时，他们所看到的東西，他们所经历的主观体验，并非仅由他们视网膜上的映像决定，而且也依赖观察者的经验、知识和期望。这一点也隐含在这种无可争辩的认识中：人必须通过学习才能成为一个合格的科学观察者。任何曾经历过学习用显微镜看东西的人，不需要什么说服就会相信这一点。当一个初学者通过显微镜观察一个导师提供的载片时，即使在导师可以用同一架显微镜观察同一个载片时很容易辨别细胞的实际结构的情况下，也很少有初学者能够辨别出它们。在这种背景下，注意到这一点是很重要的，即会用显微镜的人，当他们对所要观察的东西十分留心时，在一些经过适当准备的环境中，他们不会觉得观察细胞分裂有很大困难，虽然我们现在知

道,在许多用显微镜观察的标本中,有待观察的细胞分裂活动肯定在进行,但是在发现以前,这些细胞分裂并未被观察到。迈克尔·波拉尼[Michael Polanyi (1973, 第 101 页)]描述了在教医学系的学生通过检查 X 光照片进行诊断时,该学生知觉经验的变化:

8

考虑一下一个医学系的学生参与用 X 光照片对肺病进行诊断的过程。他在一间暗室中注意到,在置于患者胸前的荧光屏上有一些影迹,并且听到放射科医师用专业语言对他的助手评论这些阴影的重要特征。一开始,这个学生完全迷惑不解。因为他从胸部的 X 光照片上只能看到心脏和肋骨,以及它们之间的少许蛛状斑。专家们似乎是在大肆渲染他们虚构的想象;而他却看不到他们所谈论的东西。以后,他又继续听了几个星期,仔细观看一些全新的不同病例的照片,他的头脑中会萌生一种尚不确定的理解;渐渐地,他会忘记那些肋骨而开始看到肺。最终,如果他理智地坚持不懈,一幅内容丰富、包含了重要细节的全景图就会展现在他面前:生理变异和病理变化,疤痕,慢性传染病以及急性病的征候等等。他进入了一个新的世界。虽然他仍然只能看到专家们所能看到的一部分,但是现在,那些照片和对它们的大部分评论确实变得有意义了。

在面对同样的情况时,经验丰富并且经过特殊训练的观察者的知觉经验,与未经训练的新手的知觉经验是不同的。这与对以下这一主张的字面解释相冲突:知觉是通过感官直接获得的。

我关于观察的主张得到了我所利用的一些例子的支持,对于这一主张一个常见的回应是,观察者在同一地点观看同一景象时看到了相同的事物,但是他们以不同的方式进行了解释。我想对此予以反驳。就知觉而言,一个观察者直接和立刻接触到的唯一事物,就是他或她的经验。这些经验的获得,并非仅由某个因素决定而且一成不变,相反,它们是随着观察者所拥有的知识和期望而有所不同的。我愿意承认,观察者视网膜上的映像是唯有物理环境才能提供的东西,而一个观察者与那个映像并没有直接的知觉接触。常识观的辩护者假设,在知觉过程中,存在着某种我们唯一能获得的东西,对它可以用不同方式来解释;他们这样做时就是不顾有许多相反的证据,未经论证而假设,我们视网膜上的映像完全是由我们的知觉经验决定的。他们是在过分地用照相机进行类推。

说了这些之后,请允许我说明什么是我在这一节中无意主张的,以免被人理解为我是在论证我并不想要论证的东西。首先,我当然并非主张,我们的视网膜映像的物理原因与我们所看到之物无关。我们不可能只看到我们想看到之物。不过,尽管我们的视网膜映像构成了我们所看到之物的一部分原因,而另一部分非常重要的原因却是我们的精神或大脑的内部状态,它本身取决于我们的文化教养、我们的知识以及我们的期望,而不会仅由我们的眼睛的物理性质和所观察的景象决定。其次,在一些有很大差异的环境下,我们在不同情况下看到的東西仍然保持着相当的稳定性。我们所看到之物对我们的精神或大脑的状态的依赖,并不是如此易受影响,以至于使交流和科学变得不可能了。最后,在这里所引

用的所有例子中都包含着这样的意思,即所有观察者所看的是同一物。我在这本书的通篇都承认并且以之为先决条件的是,有一个单独的和唯一的物理世界,它独立于观察者而存在。因此,当许多观察者观看一幅画、一台仪器、一块显微镜载片或无论什么东西时,都包含着这样的意思,即他们所面对、注视因而看到的是同一物。但并不能由此推论出,他们具有相同的视觉经验。从某种非常重要的意义上讲,他们并没有看到相同的事物,正是以这后一种意义为基础,我对事实是毫无疑问和直接地通过感官提供给观察者的这种观点提出了质疑。对于适用于科学的事实可以被感官证实这一观点,这种质疑在什么程度上会削弱其基础,仍有待观察。 10

4. 表现为命题的可观察事实

在通常的语言用法中,“事实”的含义是模糊不清的。它既可以指表达事实的命题,也可以指这样一个命题所涉及的事物的状况。例如,月球上有山脉和环形山是一个事实。在这里,可以把事实当作是指山脉或环形山本身,而“月球上有山脉和环形山”也可以当作是构成了这个事实,二者择一。当有人说科学是基于事实并且是从事实中推导出来的时候,显然,上述两种解释中的后一种是适当的。关于月球表面的知识并不是基于山脉和环形山并由此推导出来的,而是从关于山脉和环形山的事实命题中推导出来的。

除了把被理解为命题的事实与那些命题所描述的事实状况像区分之外,显然还有必要把事实命题与可能导致人们承认那些命题是事实的知觉经验相区分。例如,毋庸置疑,正是由于达尔文在

贝格尔号进行了他那著名的航行，他才遇到了许多新的植物和动物物种，因而才会有许多新的知觉经验。然而，如果他就此罢手，他也不会为科学做出重大贡献。只有当他系统地阐述了描述新物种的命题，并且使这些命题可被其他科学家接受之后，他才为生物学做出了重大贡献。在贝格尔号上的航行导致了新事实的发现，通过这些事实可以推导出一种进化论，或者推导出一种进化论可能与它们相关，就此而言，正是那些命题构成了事实。对于那些想断言知识是从事实中推导出来的人来说，他们必然考虑到一些命题，而不是知觉经验或像山脉或环形山这样的物体。

以这种分类作后盾，我们回过头来再看一下在结束本章第一节时提出的从(a)到(c)关于事实的本质的主张。一旦我们作了这11样的分类后，它们立刻就显得有很大的疑问。既然有可能构成科学的适当基础的事实必须以命题的形式呈现，那么，事实是直接通过感官获得的这一主张，看起来完全被误解了。即使我们撇开前一节所突出的那些困难不谈，并且假设知觉经验是在看的活动中直接提供给人们的，但显然情况不是这样：描述那些事物的可观察状况的命题（我愿意把它们称作观察命题）是通过感官提供给观察者的。认为事实命题通过感官而进入大脑是荒谬的。

在一个观察者系统阐述并同意一个观察命题之前，他或她必然拥有适当的概念框架以及如何恰当地应用它的知识。当我们思付一个孩子学习描述世界（亦即形成关于它的事实命题）的方式时，这一点变得很清楚。考虑一下一个父亲教一个孩子如何识别和描述苹果。这位父亲拿一个苹果给孩子看，指着它说出“苹果”这个词。这个孩子通过模仿很快就学会了重复“苹果”这个词。掌

握了这个特殊的技艺后,也许第二天,这个孩子遇到了一个与苹果相象的网球,他便指着它说“苹果”。这时候,父亲就会插话解释说,那个球不是苹果,并且证明,例如,不能像咬苹果那样咬它。对于这个孩子还会犯的其他错误,例如,把一个佛手瓜当作苹果,需要父亲作更为详细的解释。当这个孩子在有苹果时能够准确地说那里有一个苹果,这时,他已经学了很多有关苹果的知识。因此,这样的假设,即在从事实中推导出有关苹果的知识以前我们必须先注意有关苹果的事实,似乎是错误的,因为被阐述为命题的适当的事实,是以相当多的关于苹果的知识为先决条件的。

我们从有关孩子的讨论,转向与我们的目标——理解科学有更密切关系的一些事例。想象一个经过特殊训练的植物学家,以及一些像我本人这样的基本上对植物学所知寥寥的人,我们与他 12 一起参加一次进入澳大利亚丛林的实地考察旅行,目的是要收集一些有关当地植物群的可观察事实。毫无疑问,情况肯定是这样:这位植物学家所能收集到的事实,比我所能观察到并且能够阐明的事实,数量更多、需要更多的辨别能力,其中的原因是不言而喻的。植物学家有一个比我更详尽的概念图式可资利用,而这是因为他或她比我了解更多的植物学知识。植物学知识是阐述观察命题的先决条件,而这些命题也许会构成这种知识的事实基础。

因此,记录可观察事实所需要的不仅仅是,接受以射到眼球的光线的形式而出现的刺激。它还需要有关适当的概念图式的知识和如何应用它的知识。从这种意义上说,就不能原封不动地接受假设(a)和假设(b)。事实命题并不是由感官刺激直接决定的,观察命题要以知识为先决条件,因而情况就不可能是这样:我们先确

定事实,然后再从它们之中推导出我们的知识。

5. 为什么事实先于理论？

我已经把对这种主张的一个相当极端的解释,即科学是从事实中推导出来的,当作我的出发点。我认为,这种主张意味着,事实的确定必须先于从它们之中对科学知识的推导。换句话说,也就是要先确定事实,然后再建立你的与之相符的理论。然而,一方面我们的知觉经验在一定程度上依赖于我们以前的知识,因而依赖我们的准备状态和期望状态(本章前面已经讨论过),另一方面观察命题以适当的概念框架为先决条件(本章前一节已经讨论过),这两方面的事实都显示,上述要求不可能实现。的确,一旦对它进行仔细审查,就会发现它是一个相当糊涂的观念,这个观念如此糊涂,以至于我怀疑任何严肃的科学哲学家会愿意为它进行辩
13 护。如果我们对我们所追求的知识或者我们试图解决的问题得不到某种指导,我们怎么能通过观察确定有关世界的重要事实呢?为了进行有可能对植物学有重大贡献的观察,我必须对植物学有许多了解才能开始观察。不仅如此,如果在严格意义上的科学中,相关的事实必须总是先于它们可能支持的知识,那么,对我们的科学知识的适当性应当参照可观察事实加以检验这种观念,恐怕也就没有什么意义了。我们对相关事实的搜集需要以我们当前的知识状况为指导,这就告诉我们,例如,在不同地区测量大气层中的臭氧浓度将能导致相关事实的发现,而测量悉尼年轻人头发的平均长度就不能。因此,我们应放弃这一要求,即事实的获得应当先

于对构成科学知识的定律和理论的系统阐述,这样做过之后,我们再来看一看我们可以从科学以事实为基础这一思想中挽救什么。

按照我们修正过的立场,我们直率地承认,对观察命题的系统阐述以有效的知识为先决条件,而对科学中相关事实的搜集则是以那种知识为指导的。承认这两点中的任何一点,都不会必然地削弱知识具有观察所确定的事实基础这一主张。我们先来考虑这一观点:对有意义的观察命题的系统阐述,以关于适当的概念框架的知识为先决条件。在这里,我们注意到,是否可获得系统阐述观察命题所需的资源是一个问题。而那些命题的真或假是另一个问题。浏览一下我那本有关固态物理学的教科书,我可以引用两个观察命题,一个是:“钻石的晶体结构具有反对称性”,另一个是:“在一个硫化锌晶体中每个晶胞有 4 个分子”。对于阐述和理解这些命题而言,一定程度的有关晶体结构以及如何表征它们的知识是必不可少的。不过,即使你没有那种知识,你也能认识到, 14 还有一些其他的类似命题,它们也能用同样的术语来阐述,例如这样的命题:“钻石的晶体结构不具有反对称性”以及“钻石晶体中每个晶胞有 4 个分子”。对于所有这些命题而言,一旦人们掌握了适当的观察技术,就可以通过观察确定它们的真或假,从这种意义上讲,它们都是观察命题。当进行这样的观察时,唯有从我的教科书中引用的那些命题会被观察证实,而从它们那里构想出来的其他命题将被否定。这说明,知识对于阐述有意义的观察命题是必要的这一事实,并没有解决这个问题:在如此阐述的这些命题中,哪些能被观察证实、哪些不能。因此,知识应当以被观察所证实的事实为基础这一观念,并没有因承认对描述那些事实的命题的阐述

需要依赖知识而受到损害。当有人坚持这种糊涂的观念,即对与某种知识体系相关的事实的证实应当先于对任何知识的了解,只有在这时,才会有问题。

这样看来,科学知识应当以被观察所确定的事实为基础这一观念,并非必然会因承认对那些事实的搜集和阐述需要依赖知识而受到损害。如果观察命题的真或假可以通过某种直接的方式被观察所确定,那么,无论那些命题以什么方式被阐述,以这种方式被证实的观察命题,似乎为我们提供了一个对科学知识而言重要的事实基础。

6. 观察命题的可错性

在我们探索如何表征科学的观察基础方面,我们已经取得了一定进展,但我们的疑惑依然存在。在前一节中,我们的分析的15 决条件是,观察陈述的真或假能够以一种无可怀疑的方式被观察确定地证实。但是,这样一种预设是否合理呢?不同的观察者在观看同一景象时不一定会有同样的知觉经验,我们已经从这一事实中看到了可能引起问题的各种情况,而这也可能导致对事物的可观察状况是什么的分歧。这个对于科学有重要意义的问题,已经被科学史上有充足文献记载的事例证明了,例如,关于奈[Nye (1980)]所描述的所谓N射线效应是否可观察的争论,以及埃奇和马尔凯[Edge and Mulkay (1976)]所描述的悉尼和剑桥的天文学家关于射电天文学早期的哪些事实具有可观察性的分歧。我们几乎还没有说明,在面对这些困难时,怎样才能为科学确立一个可靠的

观察基础。对观察命题的适当性的判断在某些方面依赖于假定的知识,从而使判断成为可错的(fallible),涉及科学之观察基础的可靠性的进一步困难,常常会因此而产生。我将用一些例子来说明这一点。

亚里士多德把火归入四元素之中,据认为,所有地球上的物体都是由这四种元素构成的。火是一种尽管很轻但却很独特的物质这一假设,持续了数百年,需要现代化学把它彻底推翻。以这一假设为依据从事研究的人们认为,当他们看到火焰窜到空中时,他们自己是在直接对火进行观察,因此,对他们来说,“火焰向上升”就是一个观察命题,它常常可以被观察所证明。我们现在否定了这个观察命题。问题在于,如果知识有缺陷,而我们将用它提供的一些范畴来描述我们的观察结果,那么,与此相似的是,以这些范畴为先决条件的观察命题也会有缺陷。

我的第二个例子涉及在 16 和 17 世纪证实的这样一种认识:地球在运动,它围着地轴旋转,并沿着环绕太阳的轨道运行。在使这种认识成为可能的环境出现以前,可以说“地球是静止不动的”¹⁶ 这一命题是一个被观察证实了的事实。毕竟,人们不能看到或感觉到它在运动,而且,如果我们跳起来,我们下面的地球也不会转走。从现代的观点看,我们知道,虽然有这些现象,但这里所论及的这个观察命题是假的。我们理解惯性,并且知道由于地球在旋转,我们在水平方向以每秒 100 多米的速度运动,没有理由表明当我们向空中跳起时这种情况会改变。改变速度需要力,而在我们的例子中,并没有一个水平方向的力在起作用。因此,我们保持着与地球表面和我们由之跳起的那个地方相同的水平速度。“地球

是静止不动的”并没有像以前人们认为的那样被可观察的证据证实。但是,要对为什么会如此加以充分的评论,我们需要对惯性有所理解。这一理解是 17 世纪的一个创新。知识构成了作出判断时以之为据的背景,我们将举一个例子来说明,对观察命题的真或假的判断依赖于这种知识的方式。看起来,科学革命不仅会引起科学理论进步这样的转变,而且还会引起对把什么看作是可观察事实的转变!

我的第三个例子将会对最后这一点作出进一步的说明。这个例子涉及的是在一年过程中从地球上所看到的金星和火星这两个行星的大小。这是哥白尼(Copernicus)提示的一个推论,这一提示是,地球在金星以外、火星以内的轨道上围绕太阳循环运动,由此推得,金星和火星的表观尺寸在一年过程中应当有显著的变化。这是因为,当地球与这两个行星中的一个在太阳的同一侧运行时,它距该行星相对较近,而当它与其中的一个行星在太阳的两侧运行时,它距该行星相对较远。从定量的角度考虑这个问题时(就像在哥白尼本人所修订的他自己的理论中也可以如此考虑一样)可以看到,这一效应相当可观,所预见的视直径的变化,在火星那里
 17 大约有 8 倍,在金星那里大约有 6 倍。然而,在用肉眼仔细观察这些行星时,无法看出金星大小的变化,而火星大小的变化不超过 2 倍。这样,“金星的表观尺寸在一年过程中不会有大小的变化”这一观察命题,得到了直接证明,并且在哥白尼的《天体运行论》(*On the Revolutions of the Heavenly Spheres*)的序言中被当作“各个时代的所有经验”所证明的事实而提及[邓肯(Duncan), 1976, 第 22 页]。奥西安德尔(Osiander)是这篇序言的作者,哥白尼理论的推论与我

们的“可观察事实”之间的冲突给他留下了如此深刻的印象,以至于他用这种冲突论证说,不应当从字面上理解哥白尼理论。我们现在知道,肉眼对行星大小的观察结果是有缺陷的,而且,在黑暗的背景中测量较小的光源的大小时,眼睛是一种极不可靠的装置。但是,需要伽利略来指出这一点,并且说明在用望远镜观察金星和火星时,如何能够清楚地观察到所预见的表观尺寸的变化。在这里我们有了一个明确的例子,说明通过改进知识和技术使得纠正可观察事实方面的错误成为了可能。这个例子本身是很普通的,也是不难理解的。但它确实说明,任何大致认为科学知识是以从观察中获得的事实为基础的观点必须承认,事实和知识都是可错的和需要纠正的,而科学与可以说它以之为基础的事实是相互依赖的。

我想用我的口号“科学是从事实中推导出来的”来表现这样一种直觉,即科学知识在一定程度上具有一种特殊地位,因为它是建立在一个可靠的基础之上,而这个基础就是被观察牢固地确定下来的可靠的事实。本章的有些见解会使这种令人感到安慰的观点受到威胁。其中的一个困难在于,知觉经验在一定程度上受观察者的背景和期望影响,因而,对一个人看来是可观察的事实,对另一个人就未必如此。第二个困难源来自于对观察命题的真假的判断在一定程度上依赖于已知或假设的是什么,这样就使得可观察事实像作为其基础的前提一样是可错的。这两种困难都暗示着,科学之可观察的基础可能并不像人们广泛地和在传统上认为的那样直接和可靠。在下一章中,我将以一种比到目前为止我们讨论中的方法更富有洞察力的方式,通过考察观察的本质尤其是用于

科学中的观察的本质,尝试着在一定程度上减轻这种忧虑。

7. 补充读物

对于经验主义者怎样把知识看作是从感官传递给心灵的东西中推导出来的,相关的经典论述请参见洛克的著作(1967),也可参见逻辑实证主义者艾耶尔(A. J. Ayer)的著作(1940)。汉福林(Hanfling)的著作(1981)是对逻辑实证主义的全面介绍,包括了它对科学的可观察基础的说明。从知觉层次上对这些观点进行挑战的是汉森的著作(1958,第1章)。在布朗(Brown)的著作(1977)以及巴恩斯(Barnes)、布鲁尔(Bloor)和亨利(Henry)的著作(1996,第1—3章)中,可以看到对整个问题的有益讨论。

第二章 作为实践介入的观察

19

1. 观察是被动的和个人性的 还是主动的和公共性的？

许多哲学家对观察通常的理解方式是,把它看作是一种被动的和个人性的事物。据假设,例如,当观看时,我们只是睁开我们的眼睛并对准目标,让信息输入,并且记录所看到的東西;就此而言,观察是很被动的。有人认为,使事实得到确认的,正是观察者的心灵或大脑中的直觉本身,而这个事实也许是,例如,“我的面前有一个红色的西红柿”。如果以这样的方式来理解,那么,对可观察事实的确定就是一个纯属个人性的事物。它是通过个人密切注意由知觉的作用而呈现给他或她的东西来完成的。既然两个观察者并不能获得彼此的知觉经验,因而他们也就无法对于假定被他们所证明的事实的确确实性展开对话。

这种把知觉或观察看作是被动和个人性的观点,是完全不适当的,而且没有对日常生活中的知觉作出准确的说明,更遑论准确说明科学中的知觉了。日常的观察远非是被动的。要确定知觉的有效性,有大量事要做,其中许多是主动地但也许是无意识地做

的。在看的活动中我们扫视对象,转动我们的头去核实对被观察的景象所期待的变化,如此等等,不一而足。如果我们不能肯定通过窗户所看到的景象是在窗外的某物还是窗户上的一个影子,我们可以转一下我们的头,去核对它在可以看见这一景象的方向上所产生的影响。有一种普遍的观点认为,对基于知觉经验看起来似乎如此的某种情况,如果我们有任何理由怀疑其确实性,那么,20 我们可以采取不同的行动来解决这个问题。在上述例子中,如果我们有理由怀疑那个酷似西红柿的东西不是一个真正的西红柿,而是一个以很聪明的方式设计出来的光学图像,在看它的同时,我们可以去摸摸它,如果有必要,还可以尝一下或者把它切开。

对于少量这些比较基本的观察,我只触及一些皮毛,对于个人在知觉活动中所做的大量事情,心理学家能讲出详细的情况。对于我们的目标来说,更重要的是要思考这种论点对于观察在科学中的作用的重要意义。可充分说明我的论点的一个例子,来自于显微镜在科学中的早期使用。当像罗伯特·胡克(Robert Hooke)和亨利·鲍尔斯(Henry Powers)这样的科学家使用显微镜观察像苍蝇和蚂蚁这样的小昆虫时,至少一开始,他们常常对这些可观察的事实意见不一。胡克探索了不同种类的照明导致的一些差异的原因。他指出,苍蝇的眼睛在一种光照下看上去像是有孔的网格(有时候,这似乎使得鲍尔斯相信情况的确如此),在另外一种光照下又像是圆锥的表面,在又一种光照下却像是金字塔的表面。胡克进而进行了旨在澄清问题的实践介入。他致力于排除一些虚假信息,这些虚假信息是由受到均匀照明的标本所引起的目眩和复杂的反射而导致的。为了做到这一点,他使用穿过盐溶液而传播的

烛光做照明。他还从不同的方向来为他的标本照明,以确定在这种变化下哪些特性仍然保持不变。对有些昆虫,需要用白兰地把它们完全灌醉,以便使它们既不能运动,又保持完好无损。

胡克的著作《显微术》(*Micrographia*, 1665)中含有许多详细的描述和插图,它们都是胡克的活动和观察的结果。这些成果过去是而且现在依然是公共性的,而不是个人性的。其他人可以对它们进行核对、批评和补充。如果在某种照明下,苍蝇的眼睛看起来遍布小孔,那么,这种状况是无法由观察者通过密切注意他或她的
21
直觉经验来有效地作出评价的。胡克说明了在这些情况下,要核实这些现象的真实性应该做什么,并且说明了他所推荐的、任何有适当意愿和技能的人应当完成的一些程序。最终得到的有关苍蝇眼睛之结构的可观察事实,是从一个既是主动的又是公共性的过程中产生的。

对于被当作可观察事实而提出来的主张,可采取行动来探究其适当性,从这一论点可以得出这样一个推论:对科学来说,知觉的主观方面不一定是无法克服的难题。对同一景象因观察者不同而有不同的知觉经验,这种情况取决于前一章讨论过的他们的背景、文化和期望。至于那些最终从这种确定的事实中产生的问题,在很大程度上可以通过采取适当的行动对之予以回答。由于很多理由,个人的知觉判断可能是不可靠的,这一点无论对谁可能都不是新闻了。科学中所遇到的难题是,要以这样的方式来处理可观察的情况:即使不排除判断的可靠性,也要把这种可靠性按最小值来估计。举一两个例子便可以说明这一点。

月径幻觉是一种常见的现象。当月球高高升起在空中时,它

看起来似乎比接近地平线时小很多。这是一种幻觉。月球的大小并没有变化,在它使其相对位置经历必要的变动所需要的几个小时期间,它与地球的距离也没有改变。无论如何,对于月球的大小,我们不能相信我们的主观判断。我们可以,例如,安装一个观测管,配以十字标线,这样,便可以从标尺上获知它的方向。通过依次参照月球的每一侧来调准十字标线,并注意相应的标尺读数的差异,就可以确定月球与观测地的角度。可以在月球高高升起在空中时这样做一次,当它接近地平线时再重复一次。月球的表观尺寸保持不变这一事实,反映在这一事实之中,即在这两种情况下,标尺读数之间的差异没有实质性的变化。

22 2. 伽利略与木星的卫星

在本节中,我将用一个历史事例对前一章的讨论的现实意义予以说明。1609年年末,伽利略制造了一架性能良好的望远镜,并用它来观察天空。他在接下来的3个月中所进行的许多新奇的观察引起了争议,并且与天文学中有关哥白尼理论的正确性的争论密切相关,而伽利略成为了哥白尼理论的热心支持者。例如,伽利略宣称,他看到了4颗在环绕木星的轨道上运行的卫星,但是,在说服其他人相信其观察结果的确实性方面,他遇到了麻烦。这是一个相当重要的问题。哥白尼理论包含着这样一种有争议的主张,即地球是运动的,它每天围绕地轴自转一周,每年在环绕太阳的轨道上公转一周。哥白尼在前一个世纪的上半叶所挑战的公认的观点则认为,地球是静止不动的,而太阳和行星在环绕它的轨道

上运行。反对地球运动的论点有很多,其中有一种论点认为,如果地球像哥白尼宣布的那样在环绕太阳的轨道上运行,那么,它会把月球丢在后面,这种论点绝不是无足轻重的。一旦承认木星有卫星,这一论点的基础就会被削弱。因为即使哥白尼的反对者也承认,木星是运动的。因此,它若有任何卫星,都是与它相随的,由此而表明现象,恰恰是哥白尼的反对者声称对于地球是不可能的现象。

伽利略用望远镜对环绕木星的卫星的观察结果是否属实,在那时成了一个相当重要的问题。尽管最初有这样的怀疑,而且伽利略的许多同时代的人显然没有能力用望远镜辨别出那些卫星,他还是在两年期间使他的对手信服了。我们来看看他是怎样做到这点的——他怎么能够使他关于木星卫星的观察结果“客观化”。

伽利略给望远镜上加上了一个标尺,标尺的水平线和垂直线上有相等的间隔,他用一个环把标尺系在望远镜上,使标尺面对观察者,并且可以在望远镜上上下下滑动。一个观察者可以用一只眼睛通过望远镜观察,用另一只眼睛看标尺。用一盏小灯照明可以使人们更容易看清标尺。与望远镜一起对准木星的标尺,沿着望 23
 望远镜滑动,直到用一只眼通过望远镜观察的木星的身影,与用另一只眼观看的标尺的中央方格交叠。这样就可以从标尺上得知通过望远镜所看到的卫星的位置,读数相当于按照木星直径的倍数计算的该卫星到木星的距离。木星的直径是一个很方便的计算单位,因为用它作为一个标准,就等于自动承认这个事实:当这颗行星接近或离开地球时,从地球上所观察到的它的视直径会发生变化。

利用这些，伽利略还能记录伴随木星的这四颗“小星星”的日志。按照假设，这些小星星的确是以固定的周期在环绕木星的轨道上运行的卫星，而他能够说明，那些数据是与这一假设相一致的。这一假设不仅被定量观测的结果证明了，而且被更为定性的观察证明了，这些观察表明，当这些卫星走到母星背面或正面时，或者走进母星的阴影中时，它们会暂时从人们的视野中消失。

伽利略能够令人信服地证明，尽管事实上木星的卫星用肉眼是看不到的，但他对它们的观察结果是正确的。他能够而且的确也反驳了这样一种见解，即那些卫星是望远镜导致的一种幻觉，他指出，这种见解难以解释为什么这些卫星出现在木星附近而没有出现在其他地方。伽利略可能还诉诸了他的观测结果的一致性和可重复性，并诉诸了它们与这些卫星以固定的周期在环绕木星的轨道上运行这一假设的吻合。伽利略的定量数据被一些独立观察者证明了，其中有些观察者是耶稣公会和罗马教廷的成员，他们均为哥白尼理论的反对者。此外，伽利略还能预见这些卫星未来的位置，以及凌日和日月食的出现，这些又被他本人和其他独立观察
24 者确证了，对此，斯蒂尔曼·德雷克(Stillman Drake)提供了文献证明(1978,第175—176页,第236—237页)。

用望远镜观察所得结果的正确性，很快被那些与伽利略同时代的有胜任能力的观察者接受了，甚至被那些最初反对他的人接受了。的确，有些观察者从未能分辨那些卫星，但我要指出的是，就像詹姆斯·瑟伯[James Thurber (1933, 第101—103页)]不能用显微镜分辨植物细胞结构一样，这并不重要。伽利略证明他通过望远镜观察木星卫星所得的结果是正确的，他据以证明的那些论

据的说服力,来自于大量实际的和客观的检验,这使得他的主张得以持久。尽管他的论据尚未达到绝对无可置疑的程度,但相对于任何反对他的论据,亦即认为他的观察结果是望远镜导致的幻觉或人为效应物的论据,他的论据具有无与伦比的说服力。

3. 可观察事实是客观的也是可错的

为了使一种相当有说服力的有关什么构成了可观察事实的看法,不致受到我们针对那种概念所作的批评的影响,也许可以按照以下方法进行一种尝试。如果一个观察命题所构成的事实可以直接用感官来检验并且经得起那些检验,那么,它就足以形成科学的部分基础。在这里,“直接”意在展现这样一种观念,候选的观察命题应当是这样,它们的正确性可用这样一些方法来检验,这些方法包含例行的和客观的程序,而这些程序不会必然使观察者作出华而不实和主观的判断。对检验的强调显示,对观察命题的证明具有主动性和公共性。通过这种方式,我们也许可以把握一种关于从观察无可置疑地确定的事实的概念。毕竟,只有非常着迷的哲学家愿意花费时间来怀疑这样一些事情,如仔细地运用视觉,就可以在差错很低的范围内以可靠的方式确定仪表的读数。

在前一段论述中所提出的可观察事实的概念,不可避免要付出一点小小的代价。这个代价是,可观察事实在某种程度上是可错的,而且需要修正。如果一个命题因为可以经得起迄今为止所有针对它的检验而有资格称之为可观察事实,这并不意味着,它必然能经得起伴随知识和技术的进步而可能出现的新的检验。我们

业已看到两个重要的关于观察命题的例子，它们曾被当作有完备基础的事实，但是最终，随着这种进步它们被拒绝了，这两个例子就是，“地球是静止不动的”，以及“火星和金星的表现尺寸在一年过程中没有显著的变化”。

按照这里提出的观点，适于构成科学知识基础的观察结果，既是客观的，也是可错的。就它们能被公众用直接的程序检验而言，它们是客观的；就它们也许会被伴随科学和技术的进步而可能出现的新的检验推翻而言，它们是可错的。这一点可以用伽利略研究的另一个例子来说明。在他的《关于两大世界体系的对话》（*Dialogue Concerning the Two Chief World System*, 1967, 第 361—363 页）中，伽利略描述了一种测量恒星直径的客观方法。他在他和遥远的恒星之间悬一条绳子，让绳子正好挡住恒星。伽利略论证说，这样，绳子与眼睛所成的角度，等于恒星与眼睛所成的角度。现在我们知道，伽利略所得出的结果是似是而非的。我们所看到的一个恒星的表现尺寸，应完全归因于大气层和其他干扰因素，而与该恒星的物理尺寸没有确定的关系。伽利略对恒星大小的测量是以一种现在已被拒绝的含蓄的假设为基础的。但是这种拒绝与知觉的主观方面无关。伽利略的观察含有例行的程序，如果在今天重复这一程序，所得出的结果将会与伽利略所得的结果完全相同，从这种意义上说，他的观察是客观的。在下一章，我们将有理由提出更进一步的观点，即科学缺乏确实可靠的观察基础，并非仅仅是由

26 于知觉的主观方面造成的。

4. 补充读物

有关把科学的经验基础当作是经受住检验的那些命题的经典论述,请参见波普尔的著作(1972,第5章)。在伊恩·哈金(Ian Hacking)的著作(1983)的后半部分、在波普尔的著作(1979,第341—361页)中以及查尔默斯的著作(1990,第4章)中,都强调了观察的主动性方面。在夏皮尔(Shapere)的论文(1982)中也有相关论述。

第三章 实验

1. 不应仅是事实还须是相关事实

在本章中,我将为了论证而假设,通过仔细利用感官进行观察可以使可靠的事实得到证实。毕竟,正如我业已指出的那样,在许多与科学相关的情况中,这一假设确实被证明是有正当理由的。举一个不会引起争议的例子:数一数盖革计数器的喀哒声,并且注意指针在一个标尺上的位置。这种事实的可获得性是否解决了我们关于科学的事实基础的问题?我们假设的可以通过观察证实的命题,是否构成了科学知识可以由之推导出的事实?在本章中我们将会看到,对这些问题的回答是确定的“否”。

有一种应当注意的观点认为,科学中所需要的不仅是事实还须是相关的事实。大量通过观察可以确定的事实,例如,我的办公室中书籍的数量,或者我的邻居的汽车的颜色等等,都是与科学完全无关的,科学家若是收集这些事实便会浪费他们的时间。哪些事实与一门科学有关,哪些与它无关,将与该科学现在的发展状态相关。科学提出问题,理想的观察能够提供答案。对于什么构成与科学相关的事实这一问题,这是回答的一部分。

然而,还需要提出更重要的一部分回答,我将通过一个故事来予以介绍。在我年轻时,我的兄弟和我对如何解释这一事实产生了分歧:为什么在一块地上周围有牛粪的草比这块地上其他地方的草长得长?我可以肯定,这是一个我们最初都不关心的事实。我的兄弟的观点是,这是那些牛粪的施肥作用导致的结果,而我猜想,这是一种覆盖效应,牛粪把潮气盖在了下面并且抑制了其蒸发。现在我更有理由怀疑,我们两个人的答案都不完全对,最重要 28 的答案其实只不过是,牛不愿意吃长在它们自己粪便周围的草。可以假设所有这三种效应都发挥着某种作用,但是,通过我和我的兄弟的那类观察是不可能对这些效应的相对大小作出划分的。某种介入是必要的,例如,在某个季节,把牛封闭在另一块草地中,把牛粪碾碎,以便可以消除覆盖效应而保留施肥效应,等等,通过这些来了解,这是否会减少或消除周围有牛粪的草长得更长的现象。

这里所列举的这种情况是很典型的。在我们周围的世界,许多过程都在进行,它们都以复杂的方式彼此附加、相互作用。一片落叶是受万有引力、空气阻力和风的作用影响的,在降落过程中,它还会稍微发生一点儿腐烂。在这些事情以特有的和自然的方式发生时,通过对它们进行仔细观察,是不可能达到对这些不同过程的某种理解的。对落叶的观察将不会产生伽利略的落体定律。在这里,所得到的经验是非常明确的。若想获得对自然中所进行的过程的验证和详细说明,一般而言,必须进行实践介入,设法把所研究的过程孤立出来,并且排除其他因素的影响。简而言之,必须做实验。

达到这点认识花费了我们一点儿时间,不过这一点也许会是

相当明显的,即如果有些事实构成了科学的基础,那么,那些事实是以实验结果的形式、而不是以任何旧的可观察事实的形式出现的。由于这一点也许很明显,直到本世纪*最后的20年,科学哲学家们才对实验的本质及其实验在科学中的作用进行仔细的思考。的确,这是一个本书前两版没怎么关注的问题。当我们集中注意力,考虑实验而非仅仅是观察为科学提供了基础时,正如我们

29 在本章其余部分将看到的那样,我们正在讨论的问题就会显得有些不同。

2. 实验结果的产生和更新

我们绝不是直接获得实验结果的。因为任何实验者、而且的确任何科学研究者都知道,使实验顺利进行并非是件容易的事。一个重要的新实验要成功地进行可能会花费几个月甚至几年的时间。简略讲述一下我在20世纪60年代作为一个实验物理学家的经验,就能很充分地说明这一点。读者是否阅读以下事情的细节并不重要。我的目的只不过是,对实验结果产生的过程中所涉及的复杂性和实际努力谈一点看法。

我的实验目的,是使低能电子从分子处散射,以便弄清楚在这一过程中它们损耗多少能量,从而获得与分子本身的能量水平相关的信息。为了达到这个目标,必须制造出一束都以同样速度运动因而具有相同能量的电子。必须设法使它们正好在进入探测器

* 指20世纪。——译者

以前与一个靶分子相撞,否则所寻求的信息就会丢失,而且还必须用一个设计完备的探测器测量这些散射电子的速度或能量。这些步骤中的每一步,都会提出一个实践难题。选速器有两个导电板,它们卷成同心圆状,在它们之间形成了某种势差。当电子进入这两个导电板之间时,如果它们具有一种与该势差相匹配的速度,它们只会在这个圆形通道的另一端出射。在其他情况下,它们会发生偏转,撞到导电板上。为了确保电子有可能与唯一的一个靶分子相撞,必须在一个高度真空的区域进行实验,包括对极低气压的目标气体取样。这要求使可以利用的真空技术发挥到最高水平。³⁰ 散射的电子的速度用一个带有环形电极的装置来测量,这个装置与用来产生单能束的装置类似。以特定速度散射的电子的强度可以通过对导电板之间的势差的设定来测量,亦即,使势差达到某个值,从而只允许具有这种速度的电子在这个圆形空间中穿行,并且在分析器的另一端出射。检测出射电子,需要测量极微小的电流,这再次需要使可以利用的技术发挥到最高水平。

这是一种笼统的观念,不过,每一个步骤都提出了许多实践问题,任何在这个领域从事研究的人都熟悉这些问题。很难从仪器中排除不必要的气体,这些气体是从制造这一仪器的不同金属中释放出来的。被电子束电离的这些气体的分子会凝结在电极上,并且会导致乱真电势。我们的美国竞争者发现,镀金的电极有助于把这些问题减少到最低程度。我们发现,把它们涂上名为“石墨滑水”的碳基溶液有很大帮助,这虽然不像镀金电极那么有效,但更有利于控制我们的研究预算。我的耐性(以及我的研究奖学金)在所做的实验产生重要结果以前就已经完全消耗光了。我听说,

还有少数研究生在重要的结果最终获得以前遇到了挫折。现在，过了 30 年以后，低能电子光谱术成了一种相当标准的技术。

我的努力的详细情况以及我的那些更成功的后继者的详细情况并不重要。我已经谈到的那些情况，足以说明一个没有争议的论点应当是什么样。如果实验结果构成了科学据之为基础的事实，那么，它们当然不是通过感官就可以直接获得的。为获得它们需要很大的努力，而对它们的确定需要相当的实际知识、实践试错

31 (trial and error)以及对可利用的技术的运用。

对实验结果是否适当的判断也不是直接获得的。只有在实验设置适当并且干扰因素已被排除的情况下，实验才可能是适当的，也只有这样，才能把它们解释为展示或测量了旨在让它们展示或测量的情况。这又需要知道那些干扰因素是什么以及如何才能排除它们。有关这些因素的相关知识中的任何不恰当的内容，都可能导致不适当的实验测量以及错误的结论。因而从某种重要的意义上讲，实验事实与理论是相互关联的。如果渗入到实验结果中的知识是有缺陷的或错误的，实验结果就可能是错误的。

从实验的这些普遍的、从某种意义上说非常平常的性质中，可以得出这样一个推论，即实验结果是可错的，而且，它们可以因一些相当明确的理由而被更新或替换。实验结果可能会因技术的进步而变得过时，也可能会因某种认识的进步（按照新的认识，某种实验设置会被看作是不适当的）而被拒绝，还可能因理论理解的转变而被当作是无关因素予以忽略。在下一节中，我们将用一些历史事例对这些论点及其重要意义加以说明。

3. 科学基础转变的历史例证

在 19 世纪最后的 25 年中,放电管现象引起了人们很大的科学兴趣。如果把金属板分别插入一个封闭的玻璃管的两端,当很高的电压通过该金属板时就会出现放电,因而会在玻璃管中发出不同的光。如果管中的气压不是很高,就会产生流光,使负极(阴极)与正极(阳极)相连接。这些流光就是著名的阴极射线,对当时的科学家而言,它们的本质是一个具有重大意义的问题。德国物理学家海因里希·赫兹(Heinrich Hertz)在 19 世纪 80 年代初做了一系列实验,旨在解释它们的本质。作为这些实验的一个结果,赫兹得出结论说,阴极射线并不是一束带电粒子。他之所以得出这个结论,部分原因在于,当这些射线通过一个与它们的运动方向垂直的电场时,它们并没有像人们预期的带电粒子那样发生偏转。我们现在认为,赫兹的结论是错误的,他的实验是不充分的。在那个世纪结束以前,J. J. 汤姆孙(J. J. Thomson)完成了一些实验,它们令人信服地证明阴极射线在电场和磁场的作用下发生了偏转,其偏转方式正是它们作为带电粒子束应有的方式,而且,还可以测量出电荷与粒子质量的比例。 32

正是由于改进的技术和对这种状况的改进的认识,使得汤姆孙有可能修正并拒绝赫兹的实验结果。构成阴极射线的电子,有可能使管中的气体分子发生电离,也就是说,使它们失去一、两个电子,从而变成只带正电荷。这些离子有可能聚集在仪器中的金属板上,从我们所考虑的实验的观点看,它们会导致所谓的乱真电

场。很有可能，正是这些电场阻碍了赫兹导致偏转，而汤姆孙最终能够导致这些偏转并且对它们进行测量。汤姆孙之所以能够改善赫兹效应，主要是因为他利用了改进的真空管技术，从而可以把更多的气体从管中排除。他延长了对他的仪器的加热过程，把多余的气体从管子中的不同表层赶走。他使真空泵连续运转数天，以便尽可能抽去多余的气体。使用一只经过改进的真空管，以及更恰当的电极装置，汤姆孙就能确定赫兹宣称不存在的偏转。当汤姆孙使得他的仪器中的气压升高到赫兹的仪器中曾经达到的气压时，汤姆孙也无法发现偏转。在这里，重要的是要认识到，不应该因赫兹所得出的结论而责备他。就他对情况的理解以及他所吸取的可以为他所利用的知识而言，他有充分的理由相信，他的仪器中的气压已经足够低了，他的仪器已经得到了恰当的安排。只是根据随后的理论和技术的发展来看，他的实验是有缺陷的。当然，用一句格言来表达就是：谁知道哪些当代的实验结果会被未来的进步证明是有缺陷的呢？

赫兹绝不是一个假冒的实验家，而是最著名的实验家之一，这一事实已被他的以下成功所证明：1888年，作为其两年卓越的实验研究事业的顶峰，他第一个制造出了无线电波。人们认为，赫兹电波除揭示了一种需要通过实验加以探讨和阐述的新现象以外，它们还具有理论意义，因为它们确证了詹姆斯·克拉克·麦克斯韦（James Clerk Maxwell）在19世纪60年代阐述过的电磁学理论，而这一理论的一个推论就是存在这种波（尽管麦克斯韦并没有使这一推论变为现实）。在今天，赫兹的大部分结果仍然是可接受的，而且仍有其意义。不过，他的有些结果需要替换，而且他对它们的

重要解释之一会被拒绝。这两点均说明了实验结果需要经过修正和改进的方式。

赫兹能够运用他的设备产生驻波,这使他能够测量它们的波长,由此,他可以推断它们的速度。他的结果表明,波长较长的波在空气中传播时比沿着金属丝传播时有更高的速度,而且比光速快,而麦克斯韦的理论预见,它们在空气中和赫兹仪器的金属丝中都将以光速传播。由于某些赫兹已经怀疑的原因,这些结果是不恰当的。电波会从实验室的墙壁反射到仪器上,从而导致不需要 34 的干涉。赫兹(1962,第 14 页)本人对这些结果进行了以下反思:

读者也许会问,为什么我不通过重复实验设法使自己消除那些疑点。我确实重复了实验,但正如预期的那样,我只发现,在同样条件下,简单的重复并不能消除疑虑而只会增加疑虑。只有在更有利的条件下完成实验,才能得出明确的结果。在这里,更有利的条件意味着更大的空间,但这不是我所能决定的。我再次强调这一点,观察的细心并不能弥补空间的不足。如果不能产生长波,显然就不可能对它们进行观察。

赫兹的实验结果之所以是不适当的,原因在于他用于实验任务的实验设置是不适当的。如果要消除来自反射波的多余干扰,所研究的这些波的波长相对于实验室的规模而言就必须更短。发现了这一点之后,在几年之中,实验是在“更有利的条件下”进行的,而所产生的电波的速度与理论预期是一致的。

在这里应当强调的是,所需要的实验结果不仅应在这种意义

上是恰当的,即它们是对所发生的情况的准确记录,而且还应当是正确的和有意义的。将为它们特别设定的目标就是解释某个有意义的问题。对于什么是一个有意义的问题的判断,以及对某一组特定实验是否是回答这个问题的恰当方式的判断,将在相当程度上取决于对实践状况和理论状况的理解。恰恰是由于相互竞争的电磁学理论的存在,恰恰是由于一个主要的竞争者预见到无线电波以光速传播这个事实,使得赫兹去测量他的电波之速度的尝试具有重要意义,而正是对电波的活动的反思,导致了这样的认识:

35 赫兹的实验设置是不适当的。赫兹的这些特殊结果被拒绝了,而且不久就被替换了,从物理学的观点看,其原因是简明易懂、不难理解的。

赫兹研究中的这个插曲,以及他对它的反思,不仅说明了实验必须是适当的和有意义的,当它们不是这样时实验结果将被替换或被拒绝,而且非常清楚地表明,对他的速度测量结果的拒绝无论如何与人类知觉无关。无论怎样,没有理由怀疑赫兹在测量距离、注意他的探测器的间隙火花是否闪现并且在记录仪器的读数时,他没有仔细观察他的仪器。可以假设,从任何人重复那些实验都会得出与他类似的结果的意义上说,他的结果是客观的。赫兹本人强调过这一点。赫兹实验结果的问题,既不是源于他的观察的不恰当,也不是源于缺乏可重复性,而是源于实验设置的不恰当。正如赫兹指出的那样:“观察的细心并不能弥补空间的不足”。即使我们勉强承认赫兹能够通过仔细的观察来确定事实的可靠性,我们也可以看出,这本身并不足以产生对这里所讨论的科学任务而言适当的实验结果。

可以把上述讨论解释为,它说明了实验结果的可接受性是怎样依赖理论的,以及对这方面的判断是怎样随着我们的科学认识的发展而改变的。对此,可根据自赫兹第一次制造出无线电波以来赫兹制造它们的意义已发生变化的方式,从更具普遍意义的层次上来说明。在那时,麦克斯韦的理论是相互竞争的数种电磁学理论之一,他发展了迈克尔·法拉第(Michael Faraday)的一些关键思想,并且把带电状态和带磁状态理解为普遍存在的以太的机械状态。与其竞争的理论假设,电流、电荷和磁体是彼此以超距方式相互作用的,而且不涉及以太,而麦克斯韦的理论与它们不同,它 36 预见了无线电波以光速运动的可能性。正是物理学在这方面的状况,使赫兹的结果具有了理论意义。因此,赫兹和与他同时代的人能够对无线电波的产生作出不同的说明,即它是对存在一种以太的确证。过了 20 年以后,按照爱因斯坦的狭义相对论,以太概念被抛弃了。赫兹的结果仍被认为确证了麦克斯韦的理论,但只是确证了该理论的修改本,这个修改本要抛弃以太概念,并且把电场和磁场合理地看作天生就是实体。

另一个例子涉及 19 世纪对分子重量的测量,它进一步说明了实验结果的相关性和解释依赖于理论背景的方式。在 19 世纪下半叶,化学家根据化合的原子理论认为,对自然产生的元素和化合物的分子重量的测量,有着根本性的重要意义。这一点对于那些钟爱普劳特假说的人尤其如此,该假说认为,氢原子是建筑基石,其他原子都是以它为基础构造出来的,这就导致了人们期望,所测量的分子的重量相对于氢而言将是整数。一旦认识到自然产生的元素中混杂着一些同位素,其比例没有特别的理论意义,19 世纪

一流的实验化学家对分子重量的辛勤测量,就变得在很大程度上与理论化学的观点无关了。这一情况启发化学家 F. 索迪(F. Soddy)对它的结局作了以下评论[见拉卡托斯和艾伦·马斯格雷夫(Alan Musgrave)主编的文集,1970,第 140 页]:

19 世纪一批卓尔不群、才华横溢的化学家,被他们同时代的人尊为精确科学测量的最高成就和优秀人物的代表,他们当之无愧。某种若非更甚于命运悲剧必定与之相似的因素,使他们毕生的工作遭到了打击。他们含辛茹苦获得的成果,至少在目前看来,就像确定一堆有的是满的、有的多少有些空的瓶子的平均重量一样,没有什么重要意义。

37

在这里,我们目睹了旧的实验结果被当作无关的东西而放弃的情景,其放弃的原因,并不是来自于人类知觉的性能缺陷。这里所说的那些 19 世纪的化学家,“被他们同时代的人尊为精确科学测量的最高成就和优秀人物的代表”,而我们没有理由怀疑他们的观察。我们也没有必要怀疑这些同时代人的客观性。我并不怀疑,当代的化学家如果重复同样的实验,他们也会得出类似的结果。恰当地完成这些实验是实验结果的可接受性的必要条件,而不是其充分条件。它们还必须是相关的和有意义的。

我借助这些事例阐述的观念,可以用以下方式概括,我认为,这种方式从物理学和化学的观点及其实践来看是毫无争议的。被看作是科学之适当基础的实验结果的主体,是不断更新的。由于许多相当明确的理由,旧的实验结果会被当作不恰当的东西而

遭到拒绝,并且会被更恰当的结果替换。由于实验没有适当地防范可能出现的干扰源,由于测量使用了不敏感和过时的探测方法,由于实验最终被理解为无法解决当前的问题,或者由于旨在用实验回答的问题变得不足信了,实验结果就可能被拒绝。尽管这些观察可以被看作是对科学的日常活动非常显而易见的评论,但对大部分正统的科学哲学来说它们仍然具有重要的含义,因为它们削弱了人们普遍持有的这一观点的基础:科学是建立在可靠基础之上的。此外,为什么科学并非像这种普遍观点所认为的那样,其原因与有人类知觉的性能缺陷没多少关系。

4. 实验是科学的适当基础

38

在本章的前几节中,对实验结果是直接获得的和完全可靠的这一观点,我已经进行了批判研究。我已经提出了大意是这样的一种主张:实验结果在一定程度上是依赖理论的,而且是可错的和可修改的。可以说,这是对以下观点的一种严重威胁,即科学知识之所以是特殊的,乃是因为它以某种特别要求的和令人信服的方式得到了经验的支持。有人也许会论证说,如果科学的实验基础像我业已证明的那样是可错的和可修改的,那么,建立在这个基础之上的知识同样也是可错的和可修改的。而这又会对被断言得到了实验证明的科学理论构成一种循环威胁,指出这一点可能会使这种忧虑加重。如果为了判断实验结果的适当性需要诉诸理论,而这些实验结果又被当作理论的证据,那么,我们似乎就陷入了一种循环之中。对于对立理论的支持者之间的争论,科学将无法通

过诉诸实验结果来提供解决争论的方法,这种可能性似乎是很大的。一个群体会诉诸它的理论为一些实验结果辩护,对立的阵营会诉诸它的与之竞争的理论为不同的实验结果辩护。在本节中,我将提出一些反驳这种极端结论的理由。

必须承认,理论与实验的关系陷入某种循环论证的可能性是存在的。这可以用下述这件发生在我的教学生活中的事情来说明。我要求学生按照以下方式进行实验。实验的目的是测量一个载流线圈的偏转,这个线圈悬在马蹄形磁铁的两极之间,并且可以围绕一个轴旋转,该轴与把磁铁的两极连接起来的线相垂直。这个线圈是一个电路的一部分,这个电路包括一块提供电流的电池,一个测量电流的安培计,一个可以调节电流强度的可变电阻。我

39 们的目的是,观察在安培计所记录的电路中的不同值的电流出现时,与之对应的磁体的偏转。对于有些学生来说,这个实验注定会成功,因为当他们描绘相对于电流的偏转曲线时,他们得到了一张很好的直线坐标图,显示出偏转与电流这二者的比例。我记得,我对这个实验感到困窘,不过,我并没有把我的忧虑告诉我的学生们,这样做也许是明智的。我的忧虑来源于我知道安培计中有什么这个事实。安培计中有一个悬在磁铁两极之间的线圈,当电流通过这个线圈时,它会偏转,从而导致一个指针在安培计的可见的刻度均匀的标尺上转动。那么,在这个实验中,当安培计的读数被当作对电流的测量结果时,偏转与电流的比例就已经被预先限定了。被当作是将得到实验支持的东西,却已经在实验中预先限定了,这的确是一种循环。

我的例子说明了在诉诸实验的论证中循环是怎样产生的。但

同一个例子也可用来说明,情况并非必然如此。上述实验本可以也应当使用一种测量电路中的电流的方法,该方法不利用线圈在磁场中的偏转。所有实验都假设,某些理论的正确性有助于判断装置是否适当,以及仪器所显示的是否就是它们实际上应当显示的。不过,预先假定的理论绝不能与正在接受检验的理论是同一个理论,而且,似乎可以合理地假设,一个完善的实验设计的先决条件就是:确保这些理论与正在接受检验的理论不是同一个理论。

另一个可用来正确理解“实验依赖理论”的论点是,无论理论给一个实验提供什么信息,一个实验的结果是由世界决定的而不是由理论决定的,这是非常有道理的。一旦一台仪器安装好,电路完工,开关打开,等等,屏幕上就将有或没有闪光,光束可能偏转或不偏转,安培计上的读数可能增加也可能不增加。我们不能用结 40
果证实我们的理论。因为物理世界就是这样,赫兹所做的实验没有导致阴极射线偏转,而汤姆孙所做的改进后的实验就导致了偏转。导致不同结果的,恰恰是这两位物理学家的实验设置的物质差异,而不是他们所持有的理论的差异。实验结果是由世界的作用决定的,而不是由关于世界的理论观点决定的,正是这一点使得参照世界来检验理论成为可能。这并不是说有意义的结果很容易获得并且是不可错的,也不是说它们的意义总是明确的。不过,它的确有助于证明这一点:尝试参照实验结果去检验科学理论正确与否,是一种很有意义的探索。另外,科学史也为我们提供了一些成功面对挑战的事例。

5. 补充读物

哈金的著作(1983)的后半部分,是科学哲学家早期在对实验产生新兴趣的一个重要步骤。其他探讨这一主题的著作有:A. 富兰克林(A. Franklin)的著作(1986, 1990),彼得·加里森(Peter Galison)的著作(1987),以及黛博拉·迈约(Deborah Mayo)的著作(1996),不过,这时,这些详细论述的充分意义,只有到本书第十三章《新实验主义》中才能显现出来。在查尔默斯的论文(1984)中,对本章所提出的问题有更详细的讨论。

第四章 从事实中推导出 理论：归纳推理

41

1. 引言

在本书的前几章中,我们一直在考虑这种思想,即科学知识的特征就在于它是从事实中推导出来的。我们业已达到了这样一个阶段:我们已经仔细关注过观察事实和实验事实的本质,这些事实有可能被当作是科学知识或许能够由之推导出来的基础,尽管我们已经明白,对这些事实并不能像通常所假设的那样直接和可靠地予以确定。那么,我们不妨假设,在科学中正确的事实是可以被确定的。我们必须面对这样一个问题:怎么能从那些事实中推导出科学知识?

可以解释说,“科学是从事实中推导出来的”意味着,科学知识是被最初所确定的事实以及随后建立的与它们相符的理论构成的。我们在第一章中讨论了这种观点,并且把它当作不合理的予以拒绝了。我希望所探讨的问题涉及的是,在某种逻辑的意义而非一般的意义上解释“推导”。无论是先观察事实抑或先提出理论,这里将要应对的问题是理论被事实所证明的程度。一种最有

可能的主张大概就是，理论可以合乎逻辑地从事实中推导出来。也就是说，在已知事实的情况下，就可以证明理论是它们的推论。这种强有力的主张是无法被证实的。若想了解其原因，我们必须考虑一下逻辑推理的基本性质。

2. 初级逻辑

逻辑关心从其他已知的命题中推导出命题的演绎推理。它所
42 关心的是从什么当中能推论出什么。在这里，我不打算对逻辑或演绎推理作详细的说明和评价。我只想借助一些非常简单的例子，阐明一些足以满足我们的讨论目的的论点。

以下是一个逻辑论证的例子，这个论证是完全恰当的，或者，用逻辑学家的专业术语来讲，它是完全有效的。

例 1

1. 所有关于哲学的书都是乏味的。

2. 这是一本关于哲学的书。

3. 这本书是乏味的。

在这个论证中，(1)和(2)是前提，(3)是结论。我认为，显然，如果(1)和(2)为真，那么(3)必定为真。当已知(1)和(2)为真时，(3)不可能为假。断定(1)和(2)为真而否定(3)则是自相矛盾。这就是一个逻辑上有效的演绎推理的关键特征。如果前提为真，那么结果必定为真。逻辑是保持真值的。

例 2

1. 许多有关哲学的书都是乏味的。

2. 这是一本关于哲学的书。

3. 这本书是乏味的。

在这个例子中，(3)并不是必然从(1)和(2)推出的。即使(1)和(2)为真，这本书仍有可能被证明是少数不乏味的哲学书籍之一。接受(1)和(2)为真而坚持(3)为假，并不包含矛盾。这一论证是无效的。

读者现在也许会感到乏味。那种体验当然会对例 1 和例 2 中的命题(1)和(3)的真产生某种影响。不过，这里所强调的是，仅凭合乎逻辑的演绎推理并不能确定我们的例子中所出现的这种事实命题的真。逻辑在这种联系中所能提供的只不过是，即如果前提为真并且论证有效，那么结论必定为真。但前提是否为真并不是一个凭借逻辑就可以解决的问题。一个论证即使包含一个错误的前提，也可以是一个完全有效的演绎推理。以下就是一个例子。

例 3

1. 所有的猫都有 5 条腿。

2. 巴格斯·帕塞是我的猫。

3. 巴格斯·帕塞有 5 条腿。

这是一个完全有效的演绎推理。如果(1)和(2)为真，那么(3)必定为真。但偏巧在这个例子中(1)和(3)都是假的。不过，这并不影响该论证有效这一事实。

因此，这种见解是非常有说服力的，即单凭逻辑并不能构成新

真理的来源。事实命题构成了论证的前提,但这种命题的真并不能通过逻辑来证明。逻辑只能揭示,从我们现有的命题中将推出什么,或者从某种意义上说现有的命题已经包含了什么。与这种局限相对照的是,逻辑的巨大力量,亦即保持真值的特性。如果我们能够确定我们的前提为真,那么我们同样可以确定,我们从这些前提中合乎逻辑地推导出的任何结论也为真。

3. 科学定律是否能从事实中推导出来?

3. 科学定律是否能从事实中推导出来?

通过对作为我们的后盾的逻辑本质的这一讨论,可以明确地指出,如果“推导”指的是“合乎逻辑的演绎推理”,那么科学知识不能从事实中推导出来。

44 举一些关于科学知识的简单的例子,就足以说明这一基本论点。我们来考虑一些初等的科学定律,如“金属受热时会膨胀”,或者“酸会使石蕊变成红色”。这些都是普遍命题。哲学家们常常把它们当作全称命题的例子。这些命题涉及了某一特定种类的所有事情,如所有金属受热的事例和所有石蕊浸入酸液的事例。科学知识总是包含这类普遍命题。但涉及观察命题(它们构成了为普遍的科学定律提供证据的事实),情况就并非如此。那些观察事实或实验结果,是一些关于在某个特定时间出现的事物状态的特殊主张。哲学家把它们称之为单称命题。它们包含这样一些命题,如“铜棒受热时它的长度就会增加”,或者“石蕊试纸浸入盛有盐酸的烧杯中会变成红色”。假设我们把许多这样的事实用来作为我们希望由之推导出(在我们的例子中,关于金属或酸的)科学知识

的基础。什么样的论证能使我们从那些作为前提的事实到达我们寻求作为结论而推导出的科学定律?在我们关于金属膨胀的个案中,可以把论证按公式的形式表述如下:

前提

1. 金属 x_1 在时刻 t_1 受热时膨胀。
2. 金属 x_2 在时刻 t_2 受热时膨胀。
3. 金属 x_n 在时刻 t_n 受热时膨胀。

结论

所有金属在受热时都膨胀。

这不是一个逻辑上有效的论证。它缺乏这样一种论证的基本特征。它根本不是这种情况,即如果构成前提的命题为真,那么结论必定为真。无论为了研究,我们对膨胀的金属进行了多少观察,也就是说,无论在我们的例子中 n 有多大,都不能从逻辑上保证,某个金属的样本在某个时刻受热时不会收缩。既主张在所有已知的例子中受热金属都出现膨胀,又主张“金属受热时会膨胀”是错 45 误的,这并不矛盾。

这个明确的论点,可用伯兰特·罗素(Bertrand Russell)有些可憎的例子来说明。这个例子是关于一只火鸡的,这只火鸡注意到,它第一天来到火鸡场时,是上午 9 点钟喂食。在这样的经历日复一日地重复了几个星期之后,这只火鸡觉得可以有把握地得出这样的结论:“总是在上午 9 点给我喂食”。哎,在圣诞节前一天,有人不但没有给这只火鸡喂食,反而把它的喉咙割开了,这时,这个

结论就被毫不含糊地证明是错的。这只火鸡的论证导致它从许多正确的观察结果中得出了错误的结论，这显然表明，这个从某一逻辑观点出发的论证是无效的。

我已经用有关金属膨胀的例子说明的那种论证，即从有限数量的特殊事实到普遍结论的论证，被称之为归纳论证，它在逻辑上有别于演绎论证。归纳论证不同于演绎论证的一个特征就是，它们把有关某一特定种类的某些事情的命题，推广到有关该类的所有事情的命题，从而超出了前提所蕴涵的内容。普遍的科学定律总会超出可用来支持它们的有限数量的观察证据，这就是为什么它们是合乎逻辑地从那种证据推论出来的，但却根本无法被证明的原因。

4. 构成完善的归纳论证的是什么？

我们业已看到，假如科学知识被理解为是从事实中推导出来的，那么，必须在归纳而不是演绎的意义上理解“推导”。然而，一个完善的归纳论证的特征又是什么呢？这个问题是十分重要的，因为显然，并非所有从事实中的归纳都是可靠的。对其中的有
46 些归纳，例如，因在邻国的一对男女那里遇到的不愉快的经历而把某种特性归因于整个某个民族，当我们谴责这样的归纳时，我们也许将会把它们看作是过于草率或是以不充分的证据为依据的。那么严格地说，在什么情况下才可能合理地断言某个科学定律已经从有限的某组观察证据或实验证据中“推导”出来了呢？

回答这个问题的第一个尝试，包含着这样的要求，即如果一个

从可观察事实到定律的归纳推理被证明是合理的,那么必须满足以下条件:

1. 构成归纳基础的观察的数量必须很大。
2. 观察必须在许多不同的条件下可以重复。
3. 任何公认的观察命题都不应当与推导出的定律有冲突。

条件1被看作是必要的,因为很明显,仅以一次对铁棒膨胀的观察为基础就得出所有金属受热时都会膨胀的结论是不合理的,就像仅以对一个澳大利亚醉汉的观察为基础就得出所有澳大利亚人都是酒鬼的结论一样不合理。看起来,在以上这两个归纳中,任何一个在被证明是合理的之前,必须有大量独立的观察。一个完善的归纳是不能跳跃到结论的。

在所论及的上述例子中,增加观察数量的一个方法可能就是,反复给一个金属棒加热,或者夜复一夜也许晨复一晨地不断观察某个澳大利亚人喝醉的情况。很明显,以这种方式获得的一系列观察命题构成的相关归纳的基础,是令人非常不满意的。这就是为什么必须具备条件2的原因。唯有在许多不同的条件下对膨胀进行观察时,以此为基础得出的“所有金属受热时都会膨胀”才会是一个合理的归纳。应当对不同种类的金属加热,如长棒、短棒、银棒、铜棒等等,还应对它们在高压和低压下加热,在高温和低温 47 下加热,等等。只有在所有这些场合下都出现膨胀时,通过归纳得出普遍定律才是合理的。更进一步,显然,如果观察到某个特定的金属样本在被加热时没有膨胀,那么就不能证明归纳出这个定律的推理是合理的。条件3是必不可少的。

可以用以下这个关于归纳原理(*the principle of induction*)的命

题对以上论述加以概括：

如果在很多不同的条件下已经观察到大量的 **A**，而且如果所有这些被观察到的 **A** 无一例外都具有属性 **B**，那么所有 **A** 都具有属性 **B**。

对归纳的这种表征中有一些严重的问题。我们来考虑条件 1，即对大量观察的要求。这个条件的一个问题是，“大量”是个模糊的概念。需要进行 100 次、1000 次或更多的观察吗？如果我们试图在这里通过提出某一个数字来引入精确性，那么，所选择的这个数字肯定存在着很大的随意性。问题还不止于此。有许多例子表明，要求大量例证是不恰当的。为了说明这一点，考虑一下公众对核战争的强烈反对，第二次世界大战末期，在广岛投下的第一颗原子弹引起了这场核战争。公众的反对，是基于对原子弹所导致的大规模破坏和人类痛苦的程度的认识。这种普遍的而且也是合理的信念就是基于一次戏剧性的观察。类似地，如果一个研究者在得出火在燃烧的结论前坚持把手多次放进火中，那么这个人一定很顽固。我们再来考虑一个与科学实践有关的没有多少幻想色彩的例子。假设我重复了最近某个科学杂志上报导的一个实验，并且把我的结果送去发表。编辑肯定会拒绝我的论文，并且解释

48 说这个实验已经有人做过了！这些问题使条件 1 难以成立了。

条件 2 也有严重的问题，这些问题来源于围绕什么可算作有意义的情况变化这一疑问所产生的困难。对于研究一块金属受热膨胀来说，什么可算作是一种有意义的情况变化？金属的类型、温

度和每天加热的时间必须变化吗?对于第一种变化的回答是“是”,对第二种的回答是可能,对第三种的回答是“否”。但是,这样回答的理由是什么呢?这个问题很重要,因为如果不能回答这个问题,变化的清单就会因变化选项无止境的增加而无限地扩展下去,如改变实验室的规模、实验者袜子的颜色,等等。除非把这种“多余”的变化排除,否则,永远也无法满足那些使归纳推理可以被接受的条件。那么,把诸多可能的变化看作多余的理由是什么呢?常识性的回答就已经非常明确了。我们可以利用我们以前的相关知识,把也许会影响我们正在研究的体系的因素与那些不可能产生影响的因素区分开。正是我们关于金属以及影响它们的各种方式的知识,致使我们期望,它们的物理状态将取决于金属的类型和周围的压力,而不取决于每天加热的时间和实验者袜子的颜色。我们利用我们现在的大量知识将有助于判断,在研究某种有待研究的效应的普遍性时,什么是也许需要改变的相关情况。

对问题的这一回答肯定是正确的。然而,对于应当通过归纳把科学知识从事实中推导出来这一主张的一种非常有力的版本,它提出了一个问题。我们要对某种情况与所研究的某一现象(例如金属膨胀)相关与否作出判断,在证明这种判断本身是否正确时,我们会对如何诉诸知识提出疑问,而这时,上述这个问题就会产生。如果我们要求那种知识本身应当是通过归纳获得的,那么 49 我们的问题将会重新出现,因为那些更进一步的归纳论证本身,也将需要对相关情况的详细阐述,等等。每一个归纳论证都需要诉诸以前的知识,这些知识又需要用一种归纳论证加以证明,而这又需要诉诸更早获得的知识,如此等等,不一而足,从而形成了一个

永无尽头的链条。所有知识均需归纳证明这一要求,就变成了一个无法满足的要求。

即使条件 3 也是有问题的,因为没有多少科学知识能达到那种尚不知道有例外的要求。关于这一点,将在本书第七章进行更为详尽的讨论。

5. 归纳主义的进一步问题

我们把认为科学知识是通过某种归纳推理从观察事实中推导出来的立场,称之为归纳主义(*inductivism*),把那些赞同这种立场的人称之为归纳主义者(*inductivist*)。我们已经指出了那种观点中固有的严重问题,亦即,明确地阐明在什么条件下一个概括构成一个完备的归纳推理的问题。换句话说,什么可以算作归纳并不清楚。归纳主义立场还有进一步的问题。

如果我们把当代的科学知识当作是某种看起来可以相信的东西,那么我们必须承认,这些知识中有许多涉及不可观察的事物。它涉及例如质子和电子,基因和 DNA 分子等等。怎样才能使这样的知识适应归纳主义的立场?就归纳推理包含着某种从可观察的事实中的概括而言,这种推理似乎无法产生那种不可观察的知识。从可观察世界的事实中得出的任何概括,只能产生关于可观察世界的归纳,而不能产生别的。因此,关于不可观察的世界的科
50 学知识,绝不可能用我们已经讨论过的这种归纳推理来证实。这就使得归纳主义者处在一种很尴尬的位置:他们不得不在相当程度上拒绝当代科学,因为它所包含的内容,超出了通过对可观察现

象的归纳概括可以证明的范围。

另一个问题来源于这样的事实,即许多科学规律都是以精确的在数学上得到了系统阐述的定律形式出现的。万有引力定律就是一个明确的例子,这一定律表明,任何两个质点之间的引力与它们质量的乘积成正比,与它们之间距离的平方成反比。与这种定律的精确性相对照的是,任何构成它们的可观察证据的测量都是不精确的。人们已经充分意识到,所有观察都会有某种程度的错误,正像科学家在实践中所反映的那样:他们会把某个特定的测量结果写作 $x \pm dx$, 在这里, dx 代表所估计的误差的范围。如果科学规律是从可观察的事实中得出的归纳概括,那就难以理解,人们怎么能避开构成归纳论证前提的测量的不精确性。很难理解精确的定律怎么能在不精确的证据的基础上通过归纳证明。

归纳主义者的第三个问题是一个老掉牙的哲学论题,即所谓的归纳问题。任何人如果赞同这一观点:科学知识的各个方面必须或者诉诸(演绎)逻辑来证明,或者通过从经验中推导来证明,都会遇到这个问题。大卫·休谟是一位 18 世纪的哲学家,他承认那种观点,而且他也清晰地阐述了我将要强调的这个问题。

当我们提出归纳本身如何证明这一疑问时,就会出现这个问题。怎么证明归纳原理呢?那些接受这里所讨论的那种观点的人只能有两种选择,即通过诉诸逻辑来证明或者通过诉诸经验来证明。我们已经看到,第一种选择是行不通的。归纳推理不是逻辑(演绎)推理。这样就剩下第二种选择了,即试图通过诉诸经验来证明归纳。这样一种证明会是什么样呢?可以假设,它可以这样 51 进行。已经观察到,归纳在众多事例中发挥作用。例如,通过归纳

从实验室的实验结果中推导出的光学定律,已经被应用到对无数光学仪器的设计中,这些仪器的使用都很令人满意;再如,通过观察行星的位置而用归纳法推导出来的行星运动定律,已被成功地运用于预测日食和月食方面了。这个对成功预测和解释的说明清单可以大大扩展,而按照我们的假设,这些预测和解释都是以用归纳法推导出来的科学定律和理论为基础的。这样,这个论证就得出结论说,归纳是被经验证明的。

这个对归纳的证明是不可接受的。当我们按照公式对论证形式进行如下的明确说明时,就可以看出这一点:

归纳原理在场合 x_1 成功地发挥了作用。

归纳原理在场合 x_2 成功地发挥了作用,等等。

归纳原理总能发挥作用。

在这里,一个断言归纳原理有效的普遍命题是从许多它成功应用的单独事例中推论出来的。因此,这个论证本身就是一个归纳论证。从而,这个诉诸经验证明归纳的尝试,包含着假设人们试图证明的东西。它涉及诉诸归纳证明归纳,因而是完全不能令人满意的。

一个试图避免归纳问题的尝试,有降低要证明科学知识是正确的这一要求的意味,并且以这样的主张作为其内容的结束:根据证据,科学主张被证明可能是正确的。这样,可以借助大量观察来支持这样的主张:比空气密度更大的物质会落向地面,这虽然不能使我们证明这一主张正确成为可能,但却为断言这一主张可能正

确提供了理由。按照这一方案,我们可以把归纳原理重新阐述为:
 “如果在很多不同的条件下已经观察到大量的 A,而且如果所有这些被观察到的 A 都具有属性 B,那么所有 A 都可能具有属性 B”。⁵²
 这一重新阐述并没有克服归纳问题。重新阐述过的这一原理仍然是一个全称命题。它以有限数量的成功为基础,但却意味着,对这一原理的所有应用将会导致一些可能正确的普遍结论。因此,通过诉诸经验证明概率式的归纳原理的尝试,涉及诉诸一些归纳论证,对这类归纳论证的证明与对该原理的原始形式的证明并无二致。

对于把归纳论证说成是导致可能正确而非正确的这种解释而言,还有一个基础性的问题。只要人们试图阐明为什么根据特别的证据某个定律或理论是可能的,这个问题马上就会出现。从直觉上看可能似乎是这样:当支持某个普遍定律的观察证据增加时,该定律正确的概率也在增加。但是,这种直觉经不住检验。只要是标准的概率理论,无论有什么证据,要避免得出任何普遍定律的概率均为零的结论是很难的。用一种非专业的方式来解释,任何观察证据都可以构成数量有限的观察命题,但普遍定律是关于无限的可能事例的主张。因此,根据证据得出的定律的概率是一个被无限大的数除的有限的数,这样,无论有限的证据的数量增加到多大的因数,其结果仍然是零。换个方式来看,与数量有限的观察命题相对应的,总是有一些数量无限的普遍命题,就像可以使数量有限的曲线通过数量无限的点一样。也就是说,与数量有限的证据相对应的,总是一些数量无限的假说。因此,关于它们中的任何一个为真的概率均为零。在本书第十二章,我们将讨论有关这个

问题的一个可能的方法。

- 53 在本节和前一节中,我们已经揭示了,对于科学知识是通过某种归纳推理从事实中推导出来的这一思想,存在着两种问题。第一种涉及阐明什么是适当的归纳论证的问题。第二种涉及证明归纳的尝试中的循环论证问题。我认为前后这两种问题是同样严重的。我之所以没有把归纳问题看得更重要,其原因在于任何提供一种科学说明的尝试,都必然会面对一个类似的问题。如果我们寻求合理地证明我们所使用的每一个原理,我们必然会陷入烦恼之中,因为如果我们不假设我们正在论证的东西,我们就不能对合理的论证本身提供一个合理论证。如果不采取窃取论题的方式,甚至连逻辑也无法得到证明。不过,虽然还根本无法讲清楚什么构成了一个完善的归纳论证,但可以在非常精确的程度上来阐明什么构成了一个有效的演绎论证。

6. 归纳主义的吸引力

在本书开始的这几章,我们已经讨论了归纳主义的科学观,即科学知识是通过归纳推理从事实中推导出来的,20世纪的一位经济学家在其所写的以下这段话中,对这种观点进行了简明的表述:

如果我们试图想象一个具有超人的能力和智力、但就其思想的逻辑过程而言是正常的头脑……会如何使用科学方法,那么,这个过程应该是这样:第一,对于所有事实,对它们的相对重要性**不加选择**也不进行**先验**的猜测,一律予以观察

和记录。第二,除了那些必然包含在思想逻辑中的假说或公设外,不借助任何假说或公设对所观察和记录的事实加以分析、比较和分类。第三,从对事实的这种分析中,以归纳的方式引出有关这些事实之间的类别关系或因果关系的普遍性结论。第四,进一步的研究应当既是演绎性的又是归纳性的,它要基于以前被证实的普遍性结论进行推理。^①

我们已经看到,对事实的收集可以而且应该先于对任何知识的了解和接受这一思想,是经受不住分析的。若不是这样看,那就得相信,我对澳大利亚丛林的植物群的观察,比训练有素的植物学家的那些观察更有价值,而原因恰恰是因为我对植物学知之甚少。我们姑且拒绝我们的这位经济学家对科学的部分表征。剩下的是一个有相当吸引力的说明。图 2 就是对这种说明的概括。构成科学知识的定律和理论,是通过归纳从观察和实验提供的事实基础上推导出来的。一旦获得这样的普遍性知识,就可以利用它来作出预见和进行解释。

考虑以下论证:

1. 相当纯的水(假定有充分的时间)会在大约 0°C 时结冰。
2. 我汽车的散热器中有相当纯的水。

^① A. B. 沃尔夫(A. B. Wolfe)著作中的这段话,转引自 C. G. 亨普耳(C. G. Hempel)的著作(1966,第 11 页)。

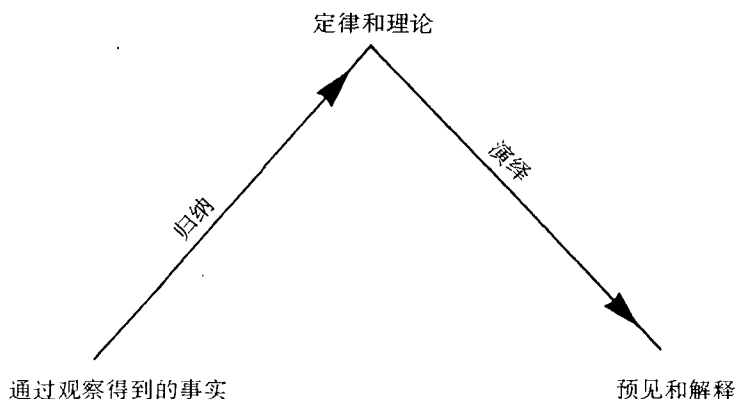


图 2

3. 如果温度降到 0°C 以下, 我汽车的散热器中的水(假定有充分的时间)就会结冰。

55 在这里, 我们有了一个从前提 1 所包含的科学知识中演绎出预见 3 的有效逻辑论证的例子。如果 1 和 2 为真, 3 必定为真。然而, 1、2 或 3 的真无法用这种或其他的演绎来证明。对于归纳主义者来说, 科学真理的来源是经验而非逻辑。按照这种观点, 可以通过对各种水结冰的事例的直接观察来断定 1。一旦 1 和 2 被观察和归纳所证实, 那么就可以从它们中推导出预见 3。

更重要的例子将更为复杂, 但观察、归纳和演绎所起的作用在本质上仍然是相同的。作为最后一个例子, 我将考虑归纳主义者对物理学如何解释彩虹的说明。

在这里上一个例子中的简单前提 1 将被一些支配光的活动的定律取代, 这些定律包括光的反射定律和折射定律, 以及关于折射

量依赖于光的颜色的断言。这些普遍定律是通过归纳从经验中推导出来的。人们进行了大量实验室实验,在很多不同的情况下使光线从镜子和水面反射,测量光线从空气进入水中时折射的角度,以及从水中进入空气中折射的角度,等等,直到所假设的确保能够用归纳法从实验结果中正确地推导出光学定律的必要条件得到满足时为止。

我们上一个例子中的前提 2 也将被一系列更复杂的命题取代。这些命题包括大意是这样的断言:太阳处在天空中某个特定的与地球上的观察者相关的位置,雨滴从位于与观察者相关的某个特定地区的一片云中落下。一些描述研究所用的实验设置的陈述,与这些断言一样,将被称之为初始条件(*initial condition*)。对实验设置的描述是典型的初始条件。

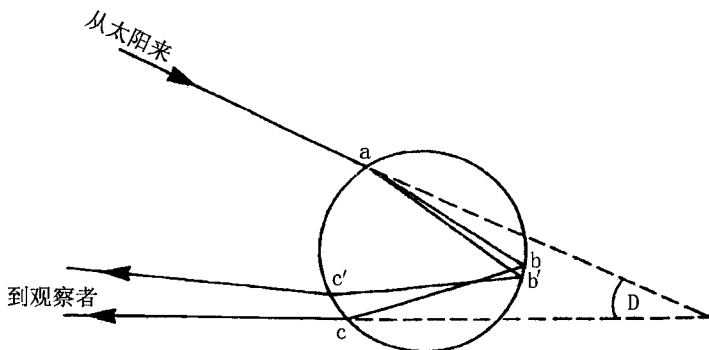


图 3

已知光学定律和初始条件,现在就有可能进行一些演绎推理, 56 得出对观察者可见的彩虹形成的说明。这些演绎推理不再像我们上个例子一样是自明的,而且,它们将包含一些数学的和文字的论

证。推导将大体如下。如果我们假设一个雨滴基本上是球形的，那么，光线穿过一个雨滴的路径就大致如图 3 所描述的那样。如果有一束来自太阳的白色的光从 a 点射入雨滴，根据折射定律，红色的光将沿着 ab 传播，而蓝色的光将沿着 ab' 传播。按照反射定律， ab 将沿着 bc 被反射， ab' 将沿着 $b'c'$ 被反射。在 c 和 c' 处的折射仍由折射定律决定，因而注视雨滴的观察者将会看到从白光中分离出来的红色和蓝色的成分（以及光谱上的所有其他颜色）。当任何雨滴处在天空中的这样一个地区，使得把该雨滴和太阳相连的直线与把该雨滴和观察者相连的直线形成一夹角 D ，这时，我们的观察者就能够看到颜色的同样分离。几何学研究所得出的结论是，倘若雨云延展得足够大，观察者就能够看到一道彩色的弧。

57 在这里，我只是概述了对彩虹的解释，不过，这应该足以说明所涉及的这种推理的一般形式。如果已知光学定律是正确的（对于非限定性归纳主义者来说，这一点可以通过归纳从观察中证实），并且已知对初始条件作了正确的描述，那么，必然能得出对彩虹的解释。因而，可以把所有科学解释和预见的一般形式概括为：

1. 定律和理论
2. 初始条件
3. 预见和解释

这就是图 2 右侧所描绘的步骤。

有关科学的基本的归纳说明，的确具有某种直接的吸引力。它的吸引力就在于这一事实，它似乎会以某种常规的方式，获得一

些通常所认为的关于科学知识的特别特征的直觉,这些特征即,科学知识的客观性、可靠性和有用性。在本节中,对于归纳主义对科学有用性的说明,我们已经从它能够促进预见和解释方面进行了讨论。

归纳主义者所解释的科学的客观性,来源于观察、归纳和演绎本身被看作是客观的程度。按照他们的理解,可观察的事实是通过无偏见地运用感官来确定的,这种运用感官的方式没有给塞入主观判断留下任何的余地。就归纳推理和演绎推理而言,它们完全达到了这种程度,它们符合公认的适当性标准,同时,又没有给个人性的判断留下余地。推理要么是符合客观标准的,要么是不符合的。

科学的可靠性是从归纳主义关于观察的主张以及关于归纳推理和演绎推理的主张中得出的。按照非限定性归纳主义者的观点,构成科学的事实基础的观察命题,可以有把握地通过仔细运用感官直接得到证实。更进一步,如若那些适当的归纳概括的条件得到满足,这种可靠性将被传输到用归纳法从那些事实中推导出来的定律和理论。被假设构成了科学基础的归纳原理为这一点提 58
供了保证。

我们已经看到,这种可能曾经看起来很有吸引力的归纳主义立场,从最好的方面说,需要严格的限定,从最糟的方面说,是根本不适当的。我们还看到,对科学来说恰当的事实,绝不是直接获得的,而是在实践中构造的,它们从某种重要的意义上说是依赖于它们以之为前提的知识的(这种复杂性在图2的图式化表达中被忽略了),而且,它们要经历修改和替换。更重要的是,我们尚不能对

归纳作出这样的准确描述,从而有助于把可证明为合理的从事实中进行的归纳,与草率或鲁莽的归纳区分开,只要大自然有能力令我们意外,这就是一个棘手的难题,过冷液体能够向上流动这一发现就是其集中体现。

在本书第十二章,我们将讨论最近一些从其困境中挽救归纳主义的科学观的尝试。同时,在以下两章,我们还将转向讨论一位哲学家的观点,他试图通过提出一种不包含归纳的科学观来绕过有关归纳的问题。

7. 补充读物

休谟归纳问题的历史来源是休谟的《人性论》(*Treatise on Human Nature*, 1939, 第三部分)。罗素的著作(1912, 第6章)是对这个问题的另一个经典性讨论。D. 斯托夫(D. Stove)的著作(1973)对休谟论证的结果进行了透彻的专门研究。卡尔·波普尔声称,他已经在其著作(1979, 第1章)中解决了归纳问题。在亨普耳的著作(1966)和 W. 萨尔蒙(W. Salmon)的著作(1966)中,可以找到对归纳推理可合理地接受的说明,在 C. 格里默尔(C. Glymour)的著作(1980)中可以找到更详细的论述。也可参见拉卡托斯试图构造一种归纳逻辑的论文集(1968),其中拉卡托斯本人写的一篇综述很有争议。

第五章 介绍否证主义

59

1. 引言

卡尔·波普尔是归纳主义的一种替代物的最有力的倡导者,这种替代物即我将谈到的“否证主义(falsificationism)”。波普尔于 20 世纪 20 年代在维也纳求学,那时,逻辑实证主义的代言人是一个哲学家群体,他们形成了著名的维也纳小组。这些人中最著名的是鲁道夫·卡尔纳普(Rudolph Carnap),他的支持者与波普尔的支持者之间的冲突和争论,一直到 20 世纪 60 年代都是科学哲学的一个特点。对于这种思想,即科学的特别之处就在于它是它可以从事实中推导出来的,而且事实越多越好,波普尔本人讲述了他是怎样对其不再抱幻想的经历。波普尔看到了弗洛伊德主义者和马克思主义者根据他们各自的理论,对大量有关人类行为或历史变迁的事例进行解释,并且声称他们的理论因此得到了证明,对他们支持各自理论的这种方式,他开始了怀疑。在波普尔看来,这些理论永远不可能错,因为它们有足够的弹性,可以使任何人类行为或历史变迁的事例与他们的理论相一致。结果,虽然这些得到大量事实确证的理论表面上看起来很强大,但事实上,由于它们不排除

任何可能性,因而它们什么也解释不了。波普尔把这一点与 A. 爱丁顿(A. Eddington)于 1919 年完成的检验爱因斯坦的广义相对论的著名实验进行了比较。爱因斯坦理论暗示着,当光线经过像太阳那么大的物体附近时会发生弯曲。作为推论,远离太阳的一颗星看起来应当发生位移,即离开它在没有这种弯曲的情况下本应被观察到的方位。爱丁顿试图通过在来自太阳的光被日食挡住时
60 对这颗星的观察,来探索这种位移。结果是,这种位移被观察到了,而爱因斯坦的理论得到了证明。然而,波普尔指出,也许并非如此。从作出一个特别的、可检验的预见来看,广义相对论的处境是有风险的。它排除了与那个预见有冲突的观察。波普尔引申出这样一个教训:真正的科学理论通过作出确定的预见,以一种他认为弗洛伊德主义者和马克思主义者未能做到的方式,排除了许多可观察的事物的状态。他得出了他的关键思想:科学理论是可否证的(*falsifiable*)。

否证主义者欣然承认观察是受理论指导并且是以理论为前提条件的。他们也乐于放弃任何有这样意味的主张,即理论可以根据观察证据被证实为正确或可能正确。他们把理论解释为是推测性的和暂时的猜想或猜测,在尝试克服以前理论所遇到的问题,以便为世界或宇宙的某些方面提供某种恰当的说明时,人类的才智会大量地创造出这样的猜想或猜测。一旦提出推测性的理论,这些理论就要接受观察和实验的严格而无情的检验。经受不住观察检验和实验检验的理论必须被排除,并被更进一步的推测性猜想取代。科学是通过试错、猜想和反驳向前发展的。只有适应性最强的理论才能够生存下了。尽管,说一个理论正确永远不可能是

合理的,但可以乐观地说,它是可得到的最好的理论;它比它以前的任何理论都好。对于否认主义者来说,不会出现关于归纳的表征和证明的问题,因为按照他们的观点,科学并不涉及归纳。

我在以后的两章中,将使这里对否认主义的浓缩式概括的内容更加充实。

2. 一种支持否认主义的逻辑观点

按照否认主义的观点,通过诉诸观察结果和实验结果,可以证明有些理论是错误的。在这里,有一种简单的逻辑观点似乎是支持否认主义的。我在第四章中已经指出,即使我们假设我们可以用某种方式获得正确的可观察命题,我们也绝不可能仅仅以此为基础,通过逻辑演绎推理得出普遍定律或理论。然而,从作为前提的单称观察命题出发的逻辑演绎推理,却有可能证明,通过逻辑演绎得出的普遍定律或理论是错误的。例如,如果我们有这样一个命题:“在地点 x 和时间 t 观察到一只渡鸭不是黑色的”,那么,就可以合乎逻辑地得出“所有渡鸭都是黑色的”为假。也就是说,以下论证:

前提 在地点 x 和时间 t 观察到一只渡鸭不是黑色的。

结论 并非所有渡鸭都是黑色的。

是一个逻辑上有效的演绎推理。如果前提被肯定,而结论被否定,那么,这就包含了一个矛盾。再多举一两个例子将有助于说

明这个非常普通的逻辑论点。如果通过在某个检验性实验中的观察可以确定，一个 10 公斤重的物体和一个 1 公斤重的物体自由降落时以大致相同的速度下落，那么就可以得出结论说，物体降落的速度与它们的重量成正比的主张是错误的。如果可以毫无疑问地证明，当一束光经过太阳附近时沿着一个弧形路径发生偏斜，那么，光线必然沿直线传播就不正确。

从适当的单称命题中可以推断出全称命题的谬误。否认主义者充分利用了这一逻辑论点。

3. 可否证性是理论的标准

否认主义者把科学看作是一组暂时提出来的假说，这些假说的目的是准确地描述或说明世界或宇宙的某个方面的活动。然而，并非任何假说都能做到这一点。任何假说或假说体系如果被承认具有一个科学定律或科学理论的地位，它必须满足一个基本的条件。倘若一个假说要构成科学的一部分，它必须是可否证的。在进行更进一步的论述之前，澄清否认主义者对“可否证的”这个术语的用法是很重要的。

这里有几个简单断言的例子，就所意指的意义而言它们是否证的：

1. 星期三从不下雨。
2. 所有物质受热时都会膨胀。
3. 在靠近地球表面时松开像一块砖头这样的重物，如果

没有遇到阻碍,它就会垂直降落。

4. 当光线从一个平面镜上反射时,它的入射角等于反射角。

断言 1 是可否认的,因为通过观察到在某个星期三下雨就可以把它否认。断言 2 是可否认的。可以通过这样一个观察命题把它否认,该命题的大意是,某种物质 x 在时间 t 受热时不膨胀。水在接近冰点时的情况也可以用来否认断言 2。断言 1 和 2 既是可否认的也是错误的。就我所知,断言 3 和 4 可能是正确的。然而,就所意指的意义而言它们仍是可否认的。当松开另一块砖头时,它在逻辑上有向上“落”的可能。在“当松开一块砖头时它会向上落”这个断言中并不包含逻辑矛盾,尽管可能,没有任何这样的命题曾得到观察的支持。断言 4 是可否认的,因为一束光在一个镜面上以某个斜角射入时,可以想象,它会在一个与镜面垂直的方向上被反射。如果反射定律是正确的,这也许永远不会发生,不过,即使发生也不存在逻辑上的矛盾。尽管断言 3 和 4 可能正确,但它们是可否认的。

如果存在着一个逻辑上可能的观察命题或一组观察命题与一个假说不一致,那么,该假说就是可否认的,也就是说,如果观察命题被证实,就会使该假说遭到否认。

这里有些命题的例子,它们不符合这种要求,因而不是可否认的:

5. 天或者下雨或者不下雨。

6. 欧几里得圈上的所有点与中心都是等距的。

7. 在赌博投机活动中可能是有运气的。

没有任何逻辑上可能的观察能够反驳断言 5。无论天气如何该断言都是正确的。断言 6 因关于欧几里得圈的定义而必然正确。如果一个圈上的某些点与某个定点不等距,那么这个图形就不是欧几里得圈。由于同样的理由,“所有单身汉都没有配偶”也是不可否证的。断言 7 引自一张报纸上的算命天宫图。它代表了算命者的迂回策略。这个断言是不可否证的。它等于是告诉读者,如果他今天下一个赌注,他也许会赢;无论他是否下注,而且如果他下注,无论他是否赢,这一断言都是正确的。

否证主义者要求,科学假说在我们所讨论的意义上是可否证的。他们坚持这一点是因为,只有通过排除一组逻辑上可能的观察命题,一个定律或理论才能增进知识。如果一个命题是不可否证的,那么,世界无论可能具有什么属性,无论可能以什么方式运动,都与这个命题没有冲突。命题 5、6 和 7 与命题 1、2、3 和 4 不同,它们没有告诉我们有关世界的任何信息。一个科学定律或理论理应给我们提供一些有关世界实际上如何运动的信息,从而排除它那些(在逻辑上)可能的但实际上并未如此的运动方式。“所有行星都沿着椭圆形轨道围绕太阳运动”这个定律是科学的,因为它主张行星事实上在椭圆轨道上运行,并且排除了方形和卵形的轨道。正是由于这个定律对行星轨道提出了明确的主张,它就具有增进知识的内容而且是可否证的。

粗略地看一下某些也许被认为是科学理论的典型成分的定律

就可以表明,它们满足这个标准。“不同的磁极相互吸引”、“酸与碱化合会产生盐和水”以及类似的定律,可以很容易地被解释为是可否认的。不过,否认主义者强调,有些理论虽然可能从表面上看似具有适当的科学理论的特征,但由于它们是不可否认的,因而事实上只是伪装成科学理论,对它们应当予以拒绝。波普尔已经指出,至少马克思主义历史理论的某些看法、弗洛伊德心理分析的某些看法以及 A.阿德勒(A. Adler)心理学的某些看法都有这种缺陷。这一论点可用下面对阿德勒心理学的漫画式描述来说明。

阿德勒理论的一个基本原则是,人类的行动是受某种自卑感驱使的。在我们的漫画式描述中,这一点得到了以下事件的支持。一个人正站在一条变化莫测的河的岸边,这时,一个孩子在附近落入了河中。这个人要么为了救这个孩子而跳入河中,要么不跳。如果这个人跳入河中,阿德勒学派的成员的反应就是,指出这种局面如何支持了他的理论:由于这个人要表明他很勇敢,完全可以不顾危险跳入河中,他显然需要克服他的自卑感。如果这个人没有跳入河中,阿德勒学派的成员还是可以声称这种局面支持了他的理论:当那个孩子溺水身亡时,这个人想通过他有意志力泰然自若地留在岸上来证明,他正在克服他的自卑感。

如果这种漫画式描述所表明的是阿德勒理论运用的典型方式,那么,这种理论就是不可否认的。它与任何类型的人类行为都是一致的,而这恰恰是因为,它并未告诉我们人类如何行动。当然,在可以根据这些理由拒绝阿德勒的理论以前,有必要研究这个理论的细节而不是一段漫画式描述。不过,有许多社会的、心理学

的和宗教的理论都引起了这样的怀疑,即就它们什么都想解释而言,它们什么也解释不了。因为可以把灾害解释为是对我们的考验或对我们的惩罚,所以可以说一个仁爱的上帝的存在与某种灾害的出现并不是矛盾的,无论哪种解释似乎都非常适合这一点。65 对于这一断言:“对动物的设计都使得它们能够最好地完成赋予它们的功能”,可以把许多关于动物行为的例子看作是支持它的证据。以这种方式行事的理论家,就犯了算命者规避的过失,并且会受到否认主义者的批评。如果一个理论要具有增进知识的内容,它就必须冒被否认的危险。

4. 可否证度、清晰性和精确性

一个适当的科学定律或理论,恰恰由于它提出了关于世界的明确的主张因而是可否证的。对于否认主义者来说,由此很容易推断,从“愈”这个用语宽泛的意义上讲,一个理论愈是可否证,它就愈好。一个理论断言得愈多,就会有愈多潜在的机会证明,世界事实上并非是按照该理论所设想的那种方式运动的。一个非常适当的理论应该是这样,它能提出涵盖很大范围的关于世界的断言,因而具有很高的可否证度,而且无论何时对它进行检验时,它都能经得住否认。

这一论点可以通过一个寻常的例子来说明。考虑以下定律:

(a) 火星沿着椭圆形轨道围绕太阳运动。

(b) 所有行星都沿着椭圆形轨道围绕太阳运动。

我认为很清楚,作为一条科学知识,(b)比(a)具有更高的地位。定律(b)不仅告诉了我们定律(a)告诉我们的内容,而且还有其他内容。因而这个更可取的定律(b)比(a)具有更高的可否证度。如果对火星的观察结果会否证(a),那么它们也会否证(b)。任何对(a)的否证都将是对(b)的否证,但反之并非如此。那些也许会令人信服地否证(b)的有关金星、木星等等轨道的观察命题,与(a)是无关的。如果我们遵循波普尔的理论,把那些可用来否证一个定律或理论⁶⁶的观察命题称作那个定律或理论的潜在的否证者(*potential falsifier*),那么我们就可以说,(a)的潜在的否证者构成了一个类,它是(b)的潜在的否证者的一个子类。说定律(b)比定律(a)具有更高的可否证度,就等于说它具有更多的断言、它是更好的定律。

关于开普勒(Kepler)的太阳系理论与牛顿的太阳系理论之间的关系,是一个非人为设计的例子。我把开普勒理论理解为他的行星运动三定律。这个理论潜在的否证者,是一组关于行星在某个特定时间相对于太阳的位置的命题。牛顿理论是一个取代了开普勒理论的更好的理论,它包含了更丰富的内容。它由牛顿运动定律和他的万有引力定律组成,后者断言,宇宙中任何一对物体都相互吸引,引力的大小与它们的距离的平方成反比。牛顿理论的一些潜在的否证者,是多组关于行星在一些特定时间的位置的命题。除此之外,还包括许多其他命题,它们涉及落体和钟摆的运动,潮汐与太阳和月球的位置的对应关系,等等。否证牛顿理论的机会,比否证开普勒理论的机会多很多。而否证主义者仍会说,牛

顿的理论能够经得住已尝试的否定，因而证明它比开普勒理论更优越。

因此，高度可否证的理论，如果事实上并没有被否定，应该比低度可否证的理论更受欢迎。这个限定对否定主义者是很重要的。业已被否证的理论必须毫不留情地予以拒绝。科学的事业包括，提出高度可否证的假说，以及随之进行审慎的和执著的否定它们的尝试。引用波普尔著作(1969,第231页,黑体为原文所标)中的话说：

因此，我很乐意承认，像我本人这样的否定主义者，更喜欢那种通过大胆猜想解决某个有趣的问题的尝试，**即使(而且尤其如果是)这个猜想很快被证明是假的**，而不喜欢任何对一系列无关的不言自明的事实的描述。我们喜欢这种尝试是因为，我们认为这就是我们可以从我们的错误中学习的方式；在发现我们的猜想是错误的时，我们也将学到更多有关真理的知识，并且将更接近真理。

我们从我们的错误中学习。科学通过试错法而进步。鉴于那种逻辑情境，使得从观察命题中推导出普遍定律和理论成为不可能，但却使得推断出它们为假成为可能，因而否定便成为科学中的重要标志、惊人的成就和主要的生长点。对于更为极端的否定主义者对否定之重要性的这种有些反直觉的强调，我将在以后的诸章中提出批评。

由于科学的目的在于建立能提供丰富信息的理论，因而否定

主义者欢迎提出大胆的推测性猜想。只要轻率的推测是可否认的,只要它们被否认时就把它拒绝,它们就会得到鼓励。这种不顾一切的态度与极端的归纳主义者所倡导的谨慎是冲突的。按照后者的观点,只有那些被证明是正确的或可能正确的理论,才能获准进入科学。我们只应在合理的归纳允许我们的范围之内超越直接的经验结果。与之相反,否认主义者认识到归纳的局限性和观察对理论的从属性。在他们看来,只有借助独创的和敏锐的理论才能揭示自然的奥秘。面对世界现实的猜想性理论的数量越多,那些猜想的推测力越强,科学中取得重大进展的机会就越大。推测性理论的激增不会有什么危险,因为任何不适当的描述世界的理论,都可以作为可观察检验或其他检验的结果而被毫不留情地淘汰。

对理论应具有高度可否认性的要求,有一个引人注目的推论,即理论应当是得到清晰陈述的并且应当是精确的。如果一个理论陈述得非常模糊,以至于不清楚它主张的是什么,那么,当用观察和实验对它加以检验时,它就可能总是被解释得与那些检验结果相一致。这样一来,它就能顶住否认。例如,J. W. 歌德(J. W. 68 Goethe)在写到电时(1970,第 295 页)说过:

它是无,是零,仅仅是一个点,无论它以什么方式存在于所有显而易见的存在物之中,它同时总是一个原点,一旦受到最微弱的刺激,它自己就会呈现出一种双重现象,一种只有在它消失时才会显现自身的现象。引起这种显现的条件是随着特定物体的性质无限地变化的。

如果我们从这段引文的字面意义来理解,很难明白哪一组物理条件能否证它。正是因为它(至少在脱离上下文时)是如此模糊和不确定,所以它是不可否证的。政治家和算命者可以使他们的断言如此模糊,以至总可以把它们解释为与最终可能发生的无论什么事情都吻合,从而以此方式躲避对他们所犯错误的谴责。对高可否证度的要求把这种花招排除了。否证主义者要求,应当把理论陈述得足够清晰,以便使它们处在被否证的风险之中。

在精确性方面,情况也是相似的。一个理论阐述得愈精确,它就变得愈可否证。如果我们承认,一个理论愈可否证,(假如未被否证)它就愈好,那么,我们也必须承认,一个理论的主张愈精确,它就愈好。“行星沿着椭圆形轨道围绕太阳运动”比“行星沿着闭合的环形轨道围绕太阳运动”更精确,因而也更可否证。一个卵形的轨道会否证第一个命题而不会否证第二个命题,但任何否证第二个命题的轨道都会否证第一个命题。否证主义者必然更喜欢第一个命题。类似地,否证主义者必定更喜欢光在真空中的速度是每秒 299.8×10^6 米这一断言,而不喜欢光在真空中的速度是每秒 300×10^6 米这个精确性略低的断言,这恰恰是因为第一个断言比第二个断言更可否证。

对表述的精确性和清晰性这两方面的要求密切联系在一起,它们都是自然而然地从否证主义者对科学的说明中得出的。

5. 否定主义与进步

69

也许可以把否定主义者所理解的科学的进步概括如下。科学始于问题,这些问题与对世界或宇宙的某些方面的活动的解释联系在一起。科学家提出可否证的假说作为对问题的解答。随后,对猜想性的假说进行批判和检验。其中有些假说很快会被淘汰,其他的则被证明是更成功的。这些假说必然会经历更为严格的批判和检验。当一个成功地经受住了广泛的严格检验的假说最终被否定时,一个可望与业已解决的问题大相径庭的新问题出现了。这个新问题要求人们发明新的假说,随之进行新的批判和检验。这样的过程会无限期地继续下去。永远也不能说一个理论是正确的,无论它经受住了多少严格的检验,但如若当前的一个理论能够经受住否证了对它以前的理论的检验,那么,从这种意义上有希望说,这个理论比那些理论更优越。

在我们考虑一些说明这种否定主义的科学进步观的例子之前,应当对“科学始于问题”这一主张简单说两句。这里有一些科学家在过去遇到过的问题。蝙蝠事实上只有很小的且视力很弱的眼睛,它是如何那么灵巧地在夜间飞行的?为什么一个简单的气压计在高海拔处量出的气压比在低海拔处低?为什么伦琴(Roentgen)实验室中的照相底片在持续变黑?为什么水星的近日点会前移?这些问题来自于或多或少较为直接的观察。那么,否定主义者坚持科学始于问题这个事实,难道与朴素归纳主义者坚持科学始于观察不正是一样的吗?对这个问题的回答是明确的

“否”。上述观察所构成的问题，只有根据某种理论来看才是成问题的。第一个例子根据动物都用它们的眼睛“看”的理论是成问题的；第二例子对伽利略的支持者们来说是成问题的，因为它与70 他们所接受的“真空力”的理论有冲突，他们把这个理论当作是对水银不从气压计管中下落的一种解释；第三个例子对伦琴来说是成问题的，因为那时人们心照不宣地假设，不存在任何种类的辐射线或放射性元素能够穿透底片箱使底片变黑；第四个例子之所以成问题，是因为它与牛顿理论不相容。科学始于问题这一主张，是与理论先于观察和观察命题完全相容的。科学并不始于刻板的观察。

在进行了这段偏离主题的论述之后，我们现在回到否认主义的科学进步观，在他们看来，科学进步就是一个从问题到推测性假说、再到对它们的批判和最终否认、由此再到新问题的过程。我们将提供两个例子，第一个是个简单的例子，涉及蝙蝠的飞行，第二个是一个更艰巨的问题，涉及物理学的进步。

我们从一个问题开始。蝙蝠能够很轻松地快速地飞行，能避开树枝、电线、别的蝙蝠，等等，并且能捕捉昆虫。而蝙蝠的视力很弱，而且无论如何，它们的飞行大都是在夜间进行。这就提出了一个问题，因为它好像否认了动物像人一样用它们的眼睛看东西这个似真的理论。一个否认主义者将试图通过构造一个猜想或假说来解答这个问题。他也许会指出，尽管蝙蝠的视力似乎很弱，但它们能够以我们尚未理解的方式用它们的眼睛在夜间看得很清楚。可以对这个假说进行检验。把一只实验用蝙蝠放入一个黑暗的房子里，房子中有一些障碍物，可以用某种方法测量它们避开障碍物

的能力。现在,给这只蝙蝠戴上眼罩,再把它放入这间房子里。在实验前,实验者可能作出以下推断。推断的一个前提就是他的假说,可以把这个假说清晰地表述为:“蝙蝠能够用它们的眼睛在飞行时避开障碍物,在不用它们的眼睛时就不能做到这一点。”第二 71 个前提是对实验设置的描述,其中有这样的命题:“给实验用的蝙蝠戴上眼罩,这样它们就不能用它们的眼睛看东西。”实验者可以用演绎的方式,从这两个前提中推导出,实验用的那些蝙蝠将无法有效地避开这间检测实验室中的障碍物。好了,实验完成了,结果发现,蝙蝠就像以前一样有效地避开了碰撞。假说被否认了。现在,需要重新运用想象,构想一种新的猜想、假说或推测。也许,某个科学家会指出,蝙蝠的耳朵具有以某种方式躲避障碍物的能力。可以对这个假说进行检验,尝试以这种方式对它进行否认:在把这些蝙蝠放入检测实验室之前,把它们的耳朵塞住。这次人们发现,蝙蝠避开障碍物的能力相当大地减弱了。这个假说得到了支持。否认主义者现在必须设法使这个假说更精确,以便使它变得更容易被否认。根据设想,蝙蝠的耳朵能够听到从固体反射回来的它自己尖叫的回声。这次,在把这些蝙蝠放入房子中之前,把它们的嘴堵上。这次蝙蝠又撞到了障碍物上,因而这个假说再次得到了支持。现在,否认主义者似乎得出了对这个问题尝试性的解答,尽管实验尚未证明蝙蝠是怎样在飞行时避免碰撞的。任何数量的表明这个假说是错误的因素都可能突然出现。也许,蝙蝠并不是用它的耳朵探测到回声,而是用它耳朵附近的敏感区域,当耳朵被塞住时,这个区域的功能也就减弱了。或者,不同种类的蝙蝠以截然不同的方式发现障碍物,这样,实验用的蝙蝠就并不是真正有代表

性的。

物理学从亚里士多德经过牛顿到爱因斯坦的进步提供了一个更大规模的例子。否认主义者对这一进步的说明大致如下。亚里士多德物理学在某种程度上是相当成功的。它可以解释大量现象。它可以解释为什么重的物体会落到地面(它们要寻找它们在宇宙中心的自然位置)，它可以解释虹吸管和提升泵的作用(这种解释以不可能存在真空为基础)，等等。但最终，亚里士多德物理学以多种方式被否证了。从匀速运动的船的桅杆顶部落下的石头，会落到桅杆脚下的甲板上，而不会像亚里士多德理论所预言的那样，落到远离桅杆的某个地方。可以看到木星的卫星是在围绕木星而不是围绕地球的轨道上运动。在 17 世纪期间，还积累了众多其他否认结果。然而，牛顿物理学一经创立，并且通过诸如伽利略和牛顿的猜想得以发展，它就成了一个更好的取代亚里士多德物理学的理论。牛顿理论可以解说明落体、虹吸管和提升泵的作用，以及亚里士多德理论所能解释的任何其他现象，而且还能说明对亚里士多德学派来说成问题的现象。此外，牛顿理论还能解释亚里士多德理论未触及的现象，例如潮汐与月球位置的对应关系，以及万有引力在海平面以上随着高度而变化，等等。在两个世纪期间，牛顿理论是成功的。也就是说，通过参照借助它所预见的新现象来否认它的尝试是不能成功的。这个理论甚至导致发现了海王星这一新的行星。尽管它有这样的成功，持续否认它的尝试最终被证明是成功的。牛顿的理论被多种方式否证了。它无法说明水星轨道的详细情况，而且也无法说明放电管中快速运动的电子的质量变化。这样，在 19 世纪与 20 世纪交替之

际,物理学家面临着一些具有挑战性的问题,他们需要以某种进步的方式,构造一些新的旨在克服这些问题的推测性假说。爱因斯坦能够迎接这一挑战。他的相对论能够说明那些否证了牛顿理论的现象,同时,还能在牛顿理论已经被证明是成功的领域与之 73 保持一致。此外,爱因斯坦的理论还对引人入胜的新现象作出了预见。他的狭义相对论预言,质量应当是速度的一个函数,质量与能量可以相互转化;而他的广义相对论则预言,强引力场应会使光线弯曲。通过参照新现象来反驳爱因斯坦理论的尝试失败了。对爱因斯坦理论的否证仍是对现代物理学家的一个挑战。如果他们最终取得了成功,那么这种成功将标志物理学发展向前迈进了新的一步。

这就是对物理学进步的典型的否证说明。我们将在后面提出怀疑它的正确性和有效性的理由。

从前面的论述来看,显然,科学进步的概念和科学成长的概念都是否证主义对科学的说明中的重要概念。对这个问题,我将在下一章中作更详细的探讨。

6. 补充读物

否证主义的经典文本是波普尔的《科学发现的逻辑》(*The Logic of Scientific Discovery*, 1972),该书最初于1934年用德文出版,1959年出版了英译本。他的更近一些的论著有波普尔的两部文集(1969和1979)。在波普尔1969年的著作的第1章中,他讲述了他自己如何通过把弗洛伊德、阿德勒和马克思与爱因斯坦加以比

较,最终获得他的基本思想的过程。在下一章的结尾,我将提供更多与否证主义相关的资料。

第六章 精致否证主义、新颖 的预见和科学的成长

74

1. 相对可否证度而非绝对可否证度

前一章提到了一些条件,一个假说应当满足这些条件才值得科学家考虑。一个假说应当是可否证的,愈可否证就愈好,但应该尚未被否证。更精致的否证主义者认识到,仅有那些条件是不够的。还有一个更进一步的与科学进步的需要相关的条件。一个假说应当比它所要取代的假说更可否证。

精致否证主义对科学的说明以及它对科学成长的强调,把关注的焦点从单一理论的价值转向相互竞争的理论的相对价值。精致否证主义所提供的是一种动态的对科学的描述,而不像大多数朴素否证主义者那样提供的是静态的说明。对于一个理论,精致否证主义不是问:“它是否是可否证的?”“它有多大的可否证度?”以及问:“它是否已经被否证了?”而是更恰当地问:“这个新提出来的理论是否是它所挑战的一个理论的可行的替代者?”一般而言,一个新提出的理论如果比它的竞争对手更可否证,尤其是,如果它能预见它的竞争对手尚未触及的一种新的现象,那么,它可以作为

值得科学家考虑的理论而被接受。

强调把一系列理论的可否定度加以比较,是对科学即一种不断成长和进化的知识体的强调的一个结果,对这种比较的强调能够避免一个技术性的问题,因为很难明确说明单一的某个理论有多大的可否定度。可否定性的绝对量度是无法界定的,原因很简单,一个理论潜在的否定者的数量总是无限的。很难看出,怎样才能回答“牛顿的万有引力定律有多大的可否定度?”这样的问题。反之,把定律或理论的可否定度加以比较往往是可能的。例如,相对于“太阳系中的行星相都互吸引,引力的大小与它们的距离的平方成反比”这个断言,“任何一对物体都相互吸引,引力的大小与它们的距离的平方成反比”这个断言更可否证,因为第二个断言涵盖了第一个断言。任何否定第一个断言的情况都将否定第二个断言,但反之则不然。从理论上讲,否定主义者很希望能够说,构成科学的历史进化的一系列理论是由可否证的理论组成的,这个系列中的每一个理论都比它的理论前任更可否证。

2. 日益增加的可否定性与特设性修改

随着科学的进步,科学理论应当变得愈来愈可否证,因而也含有愈来愈丰富的内容,并且能提供愈来愈多的信息,这样的要求排除了仅仅旨在保护一个理论避免受到否证的威胁而对理论的修改。对一个理论的修改,例如,增加一个特别的公设或改变某个现有的公设等,如果没有任何这样的可检验的结论,即它们不是未经修改的理论已经可以检验的结论,那么这样的修改就称之为特设

性(*ad hoc*)修改。本节的余下部分将由一些旨在澄清特设性修改这个概念的例证构成。我将首先考虑一些否认主义者会拒绝的特设性修改,然后把这些修改与一些非特设性的、因而否认主义者会欢迎的修改加以对比。

我从一个非常平常的例子开始。我们来考虑这样一个概括:“面包都有营养。”这是一个粗浅的理论,如果说得更详细些,就相当于这样的断言:如果小麦以正常方式生长,以正常方式把小麦制成面包,人们以正常方式食用面包,那么,那些人将得到营养。这个看起来是无害的理论在法国的一个村庄有一次遇到了麻烦:虽然小麦以正常方式生长,以正常方式把小麦制成面包,人们以正常方式食用面包,但大多数人食用后病得很严重,而且还有许多人死了。“(所有)面包都有营养”这个理论被否认了。通过对这个理论进行以下调整就可以使它避免被否认:“除了在所提及的那个法国村庄生产的那部分特殊的面包以外,(所有)面包都有营养。”这是一种特设性修改。无法采用与对原有理论的检验相同的任何方式,对这个修改过的理论进行检验。任何人所消费的任何数量的面包都构成了对原有命题的一个检验,而对修改后的理论的检验,则限制在除那部分在法国导致了那些有害结果的面包以外所消费的面包。修改后的假说比原有的假说降低了可否证度。否认主义者拒绝这样的捍卫行动。

接下来的是一个不太令人讨厌反而很有趣的例子。这个例子基于一场交锋,这场交锋实际上发生在17世纪伽利略与亚里士多德学派的一个对手之间。通过用他新发明的望远镜仔细观察了月球之后,伽利略能够报告说,月球并不是一个平滑的球体,它的表

面有许多山峰和环形山。当他的亚里士多德学派的手亲自重复这些观察时，他不得不承认事情看起来的确如此。但是这些观察结果威胁到一个对许多亚里士多德主义者来说根本性的概念，即所有天体都是完美的球体。伽利略的对手面对这种显见的否认，以毫不掩饰的特设性方式为其理论进行辩护。他指出，月球上有一种不可见的物质充塞了环形山并且覆盖了那些山峰，使得月球的形状看起来是一个完美的球体。当伽利略问怎样才能探测到这些不可见的物质的存在时，他所得到的回答是没有任何方式可以探测它。这样，毋庸置疑，这个修改后的理论没有导致任何新的可
77 检验的结果，因而可能对否认主义者来说是完全不可接受的。被激怒的伽利略能够用一种显然很机智的方式说明，他的对手的态度是不恰当的。他宣布，他准备承认这种不可见的和不可探测的物质存在于月球之上，但坚持认为，这种物质并不是以他的对手所指出的那种方式分布，而事实上，它是堆积在山顶上的，这样，通过望远镜观察，这些山看起来就比实际高很多倍。这种发明保护理论的特设性方法的游戏是徒劳无益的，而伽利略能够在这种游戏中用智谋战胜他的对手。

另一个关于可能的特设性假说的例子来自科学史，我将简要谈一谈。在 A. 拉瓦锡(A. Lavoisier)以前，燃素理论是一种权威的燃烧理论。按照该理论，当物质燃烧时会释放出燃素。当人们发现许多物质在燃烧后重量增加了时，这个理论受到了威胁。克服这种显见的否认的一个方式就是指出，燃素具有负重量。如果只能通过在燃烧之前和燃烧之后称量物质重量的方式来检验这个假说，那么，这个假说就是特设性的。它不能导致任何新的检验。

为了试图克服某个困难而对理论的修改,并不一定是特设性的。这里有一些不是特设性修改的例子,因而从否证主义的观点看,这些修改是可接受的。

我们转向对“面包都有营养”这一断言的否证,来看看如何以一种可接受的方式对这个断言进行修改。一种可接受的步骤是,用“除了用被某种特殊的真菌污染的小麦制成的面包以外,所有面包都有营养”这一断言(并附有对真菌及其某些特性的详细描述),取代原有的被否证的理论。这个经过修改的理论不是特设性的,因为它导致了新的检验。用波普尔(1972,第193页)的话说,它是**可独立检验的**(*independently testable*)。可能的检验也许包括,为确定是否有真菌出现,对制成有毒的面包的小麦进行检验,在某些特别准备的小麦上培养真菌,并且检验用这样的小麦制成的面包的营养效果,对真菌进行化学分析以便确定是否有已知的毒素出现,等等。所有这些检验都可能导致对修改后的假说的否证,其中许多检验并不属于对原有理论的系列检验。如果这个经过修改的更可否证的假说在新的检验面前经受住否证,那么,人们就学到了某种新的东西并且将取得进步。

现在转向科学史来找一个较少人为色彩的例子,我们也许会考虑导致海王星发现的一系列事件。19世纪对天王星运动的观测显示,它的轨道严重地偏离了基于牛顿的万有引力定律所预见的轨道,因此对这个理论提出了一个问题。在试图克服这个困难时,法国的U. J. 勒威耶(U. J. Leverrier)和英格兰的J. C. 亚当斯(J. C. Adams)指出,在天王星附近有一颗以前没有发现的行星。这个推测的行星与天王星之间的引力,就可以用来说明为什么后

者偏离了起初所预见的它的轨道。正如那一系列事件所表明的那样,这一看法不是特设性的。如果这颗推测的行星具有适当的体积并且是导致天王星轨道摄动的原因,那么就有可能估算出它大致的位置。一旦做到这一点,就可以通过用望远镜观察天空的适当区域来检验这个新的设想。正是用这种方式,J. 加勒(J. Galle)第一个看到了这颗行星,亦即现在已知的海王星。这一为使牛顿理论避免被天王星轨道否定而采取的步骤,远非是特设性的,它导致了对该理论的一种新的检验,该理论能够戏剧性地经受住这个检验,并且向前发展了。

3. 否定主义科学观中的确证

在前一章中,当我们把否定主义作为归纳主义的替代者加以介绍时,否定(即理论未能经受住观察检验和实验检验而失败)曾被描述为具有至关重要的价值。有人证明,逻辑情境使得人们可以根据可利用的观察命题证实理论的谬误,但不能证明理论的正确。还有人极力主张,科学也许会以这种方式进步:提出大胆的、高度可否证的猜想作为解决问题的尝试,随后对新的设想进行毫不留情的否定尝试。与此同时有人得出了这一看法:科学的重大发展是在那些大胆的猜想被否定时出现的。以否定主义者自居的波普尔在本书第 66—67 页*所引的(他标出了黑体字的)那段话中说的就是这个意思。然而,只关注否定的事例不关注别的,等于是

* 指原文页码,亦即中译本的第 85 页。——译者

对更精致的否认主义的立场的曲解。这一点明确地包含在前一节结尾所举的例子之中。通过推测性假说挽救牛顿理论的可独立检验的尝试之所以成功,是因为该假说被海王星的发现确证(confirm)了,而不是因为它被否认了。

把对大胆的、高度可否证的猜想的否认看作是科学重大发展的机会,这种看法是错误的,在这一点上需要纠正一下波普尔的观点。当我们考虑各种极端的可能性时,这一点就变得很清楚。在一个极端,有着一些表现为大胆的、有风险的猜想的理论,在另一个极端,则有另一些理论,它们是一些谨慎的猜想,所提出的主张似乎不含有任何重大风险。任何一种猜想如果经不住观察检验或实验检验,它就会被否认,如果它通过了这样的检验,我们就会说它被确证了。重大的发展将以对大胆的猜想的确证为标志,或者以对谨慎的猜想的否认为标志。前一类猜想能增进知识,并且会为科学知识做出重要的贡献,这仅仅是因为,它们标志着发现了某种事物,而这种事物是前所未闻的,或者是被认为不可能的。海王星的发现、无线电波的发现,以及爱丁顿对爱因斯坦有关光线在强引力场中会弯曲的冒险预见的确证,都构成了这一类重大发展。⁸⁰ 冒险的预见得到了确证。对谨慎的猜想的否认之所以能够增进知识,是因为它证实了被认为毫无疑问正确的猜想事实上是错误的。罗素证明,以看似自明的命题为基础的朴素集合论是不一致的,这个证明就是这样一种事例,它否认了一个看似没有风险的猜想并且增进了知识。与此相反,从对大胆的猜想的否认或对谨慎的猜想的确证中,几乎学不到什么东西。如果一个大胆的猜想被否认了,那么,由此所能获知的是,又一个疯狂的思想被证明是错误的。

开普勒推测,对于行星轨道的间隔可参照柏拉图(Plato)的5种正多面体来解释,对这一推测的否认并非标志着物理学进步的重要里程碑。类似地,对谨慎的假说的确证也不能增进知识。这种确证仅仅是显示,某个得到了充分证明并且被认为是毫无问题的理论,再一次被成功运用了。例如,对于这样一个猜想:用某种新的程序从矿石中提炼出来的铁像其他的铁一样受热时会膨胀,确证它并没有什么重要意义。

否认主义者希望拒绝特设性假说,并且鼓励提出大胆的假说,以之作为对被否认的理论的改进。那些大胆的假说将导致新颖的、可检验的预见,它们并非是从原有的、已被否认的假说中得出的。然而,纵使它确实导致了新的可能的检验这一事实,使得某个假说值得研究,在它至少经受住某些检验之前,对于旨在用它取而代之的那个有问题的理论而言,它不能算作是对该理论的改进。这就等于说,在一个新近大胆提出来的理论被认为是已否认的理论适当的替代者之前,它必须作出一些新颖的得到确证的预见。许多冒险而鲁莽的推测将经受不住检验,因而也就不会被认为是

81 对科学知识成长的贡献。偶尔也有某个冒险而鲁莽的推测确实导致了新颖的、看似不可能的预见,而这些预见被观察或实验确证了,那么,这个推测因此被证明在科学成长的历史中具有显著的地位。对从大胆的猜想中产生的新颖预见的**确证**,在否认主义者的科学成长观中是极为重要的。

4. 大胆、新颖和背景知识

对于“大胆的”和“新颖的”这两个形容词分别用于修饰假说和预见,有必要再说几句。这两个词都是历史上相对的概念。在科学史上某个阶段被认为是大胆的猜想,可能在以后的某个阶段就不会再被认为是大胆的了。当麦克斯韦于 1864 年提出他的“电磁场动力学理论”时,它是一个大胆的猜想。之所以说它是大胆的,乃是因为它与一些当时人们普遍认可的理论有抵触,其中包括假设电磁系统(磁铁、带电体和载流导体)会在瞬间穿越虚空的空间相互作用的理论,以及电磁效应只能以某种有限的速度通过物质实体传播的理论。麦克斯韦的理论与这些人们普遍认可的假设发生了冲突,因为该理论预见,光是一种电磁现象,而且它还像后来人们所认识到的那样,预见波动的电流应该发射一种新的辐射即无线电波,这种电波以有某种限的速度穿越虚空的空间。因此,在 1864 年,麦克斯韦的理论是大胆的,而随后对无线电波的预见是一个新颖的预见。今天,麦克斯韦的理论能够对大范围的电磁系统的活动作出准确的说明这一事实,已被普遍认为是科学知识的一部分,而他关于无线电波的存在及其性质的断言,不再会被认为是新颖的预见。

如果我们把在科学史的某个阶段被普遍认可并得到充分证实的科学理论的总体称之为那时的背景知识(*background knowledge*), 82 我们可以说,一个猜想,如果其断言根据当时的背景知识来看似乎是不可能的,那么它就是一个大胆的猜想。爱因斯坦的广义相对

论在 1905 年是一个大胆的理论,因为那时的背景知识包含了这样的假设:光沿直线传播。这种假设与广义相对论的推论发生了冲突,按照那种推论,光线在强引力场中会发生弯曲。哥白尼天文学在 1543 年是大胆的,因为它与地球位于宇宙中心静止不动这一背景假设发生了冲突,在今天,它不再被会认为是大胆的了。

正像可以根据相关的背景知识认为一些猜想是否是大胆的一样,对于一些预见,也可以根据它们是否涉及某种当时的背景知识明确排除或没有考虑的现象,来判断它们是不是新颖的。1846 年对海王星的预见是一个新颖的预见,因为那时的背景知识并没有提及这样一颗行星。S. D. 泊松(S. D. Poisson)于 1818 年根据 A. J. 菲涅尔(A. J. Fresnel)的光的波动说推断,对不透明的圆盘的一侧进行适当的照明,就会在另一侧的中心观察到光斑,这一预见是新颖的,因为作为那时背景知识的组成部分的光的粒子说排除了光斑存在的可能。

在前一节中已经论证过,对科学成长的重大贡献要么是在一个大胆的猜想被确证之际,要么是在一个谨慎的猜想被否证之时。背景知识的思想使得我们能够理解,这两种可能性会作为某个单一实验的结果同时出现。背景知识由谨慎的假说组成,因为这种知识得到了充分的证明并且被认为是没有问题的。对于一个大胆的猜想的确证,将使背景知识的某一部分被否证,正是相对于这部

83 分知识而言,该猜想是大胆的。

5. 归纳主义确证观与否证主义确证观的比较

我们业已看到,按照精致的否证主义者的解释,确证在科学中扮演着一个重要的角色。然而,这并不妨碍把那种立场称之为“否证主义”。精致的否证主义者依然坚持认为,理论有可能被否证和拒绝,同时否认理论可以被永远证明为正确或可能正确。科学的目的是否证理论,并且用更好的、证明具有更大的经受检验的能力的理论取而代之。对新的理论的确证的重要性在于,它构成了这样的证据,证明一个新理论是对其所取代的理论的改进,借助新的理论所发现的证据否证了被取代的理论,并使新的理论得到了确证。一旦新提出的大胆的理论成功地取代了其竞争者,那么,它就会转而成为严格检验将要针对的新目标,这些检验是借助更大胆的猜想性理论设计出来的。

因为否证主义者强调科学的成长,所以,他们对确证的说明与归纳主义者的说明是迥然不同的。按照本书第四章所描绘的极端归纳主义者的看法,一个理论的某些确证实例的重要性,完全是由被确证的观察命题与它们所支持的理论之间的逻辑关系决定的。加勒对海王星的观察为牛顿理论所提供的支持程度,与现代对海王星的观察所提供的支持程度并无差异,获得证据的历史背景是与之无关的。所谓的确证实例就是这样的一些例子,如果它们能对一个理论提供归纳支持,并且被确定的确证实例的数量越多,对这个理论的支持就越大,而且越有可能证明它为正确。这种认为与历史无关的确证理论似乎有这样一种不太令人感兴趣的结论,

即对下落的石头、行星的位置等等的无数观察，就它们将使对万有
84 引力定律之正确性的概率评估不断增加而言，它们将构成有价值的
的科学活动。

与之形成对照的是，按照否认主义者的说明，确证的重要性在很大程度上取决于它们的历史背景。如果一个确证是从对新颖的预见的检验中产生的，那么，该确证将赋予一个理论某种高度的价值。也就是说，如果根据当时的背景知识来看，人们估计不可能作出某个确证，那么该确证将是意义重大的。倘若确证是以前的结论，那么它们是没有意义的。假如今天我向地面抛下一块石头，以此来确证牛顿理论，我对科学不会做出任何有价值的贡献。反之，如果明天我确证一个推测性理论，该理论意味着两个物体之间的万有引力依赖于它们的温度，从而在这个过程中否认牛顿理论，我将对科学知识做出重大贡献。牛顿的万有引力定律及其一些限定是当前知识背景的一部分，而万有引力对温度的依赖则不是。对于这种否认主义者引入确证的历史观，这里还有一个支持它的例子。当赫兹发现第一束无线电波时，他确证了麦克斯韦的理论。当我用我的无线电收音机收听时，我也确证了麦克斯韦的理论。在这两个事例中，逻辑情境是相似的。在每一个个案中，理论都预见到无线电波将被发现，而且在每个个案中，对它们的成功发现都导致了理论的某种归纳支持。然而，赫兹正是由于他所完成的确证而闻名于世，而在某种科学背景中，人们对我的频繁确证却合情合理地不予理睬。当我用我的无线电收音机收听时，我只是在原地踏步。这里的所有差异都是历史背景造成的。

6. 否认主义相对于归纳主义的优势

我们已经对否认主义的基本特征进行了概括,现在到了考察可以说在哪些方面否认主义比归纳主义具有优势的时候了;按照归纳主义的观点,科学知识是用归纳法从确定的事实中推导出来 85 的,关于这一点,我们已经在以前的诸章中讨论过了。

我们已经看到,某些事实、尤其是实验结果,从一种重要的意义上讲是依赖理论的而且是可错的。这一点削弱了那些归纳主义者的基础,因为他们要求,科学要有一个毫无疑问的、确定的事实基础。否认主义者承认事实以及理论都是可错的。不过,在否认主义者看来,存在着一组重要的构成了科学理论的检验基础的事实。科学是由那些经受住检验的有关事实的断言组成的。由此确实可以得出这样的结论,即科学的事实基础是可错的,但这不像对归纳主义者那样给否认主义者造成很大问题,因为否认主义者只探讨科学中的持续改进,而不关注对真理或可能的真理的证明。

归纳主义者在阐明可靠的归纳推理的标准方面遇到了麻烦,因而也就难以回答在什么情况下可以说事实为理论提供了有效支持这个问题。否认主义者在这方面的处境要好一些。按照否认主义的观点,只有当事实构成了对理论的严格检验的一部分时,它们才能为理论提供有效的支持。对新颖的预见的确证是这个范畴中的重要成员。这有助于说明为什么重复的实验不会导致对某个理论的经验支持的有效增加,而对于这样的事实,极端的归纳主义者难以应对。一个特殊实验的完成或许也能构成对一个理论的严格

检验。然而,如果这项实验以适当的方式完成了并且该理论通过了检验,那么,随后对同一实验的重复将不会再被认为是对该理论的严格检验,因而也就不能使对它的有效支持有所增加。对于如何解释有关不可观察的事物的知识总可以从可观察的事实中推导出来,归纳主义者再次遇到了问题,而否认主义者却没有这样的问
86 题。对于不可观察的事物的断言,可以通过探讨它们的新颖的推论对之进行严格的检验,并且可能因此使之得到支持。

归纳推理意在说明理论正确或可能正确,但我们已经看到,归纳主义者在表征归纳推理和证明其合理性方面遇到了麻烦。由于坚持认为,科学并不涉及归纳,否认主义者的断言避开了这些问题。演绎是用来展示理论的推论的,因而可以对这些推论进行检验,而且也有可能把它们否认。但是,否认主义者没有提出任何大意是这样的断言:经受住检验表明一个理论正确或可能正确。这样的检验结果至多只能表明,一个理论是它的理论前任的改进。否认主义者要处理的是进步问题而不是真理问题。

7. 补充读物

若想了解波普尔对他的否认主义的成熟反思,请参见他 1983 年版的著作《实在论与科学的目的》(*Realism and the Aim of Science*)。列入世哲学家图书馆丛书中的 P. A. 希尔普(P. A. Schilpp)所编的文集(1974),包含了波普尔的自传、他的批评者关于他的哲学的多篇文章、波普尔的答复,以及详细的波普尔著作的文献目录。罗伯特·阿克曼(Robert Ackermann)的著作(1976)和 A.

奥赫尔(A. O'Hear)的著作(1980)对波普尔观点的全面评述都是容易理解的。对于在本章“否定主义科学观中的确证”那一节所涉及的对波普尔观点的修正,查尔默斯在其论文(1973)中进行了更详细的讨论。

第七章 否定主义的局限性

1. 源于逻辑情境的难题

我们永远无法在逻辑上通过演绎,从一组有限的可观察事实中推导出构成科学定律的那些概括,但是,我们却可以在逻辑上通过演绎,从某个与一定律相抵触的观察事实中推导出该定律的谬误。通过观察而确定有一只天鹅是黑色的,就可以否定“凡天鹅皆白”。这是没有例外的和不可否认的。然而把它用来作为支持否定主义的科学哲学的理由,并非像它也许看起来那样明确。当我们超出一些极为简单的例子(例如关于天鹅的颜色的例子)的范围,接触一些更为复杂的、更接近于在科学中尤其会遇到的那种情况的事例时,问题就立刻出现了。

如果某个观察命题 O 为真被确定,那么,就可以推断出,一个理论 T 的谬误在逻辑上必然意味着 O 并非为真。然而,正是否定主义者自己坚持,构成科学之基础的观察命题是依赖理论的而且是可错的。因此,从 T 与 O 的冲突中并不会得出 T 为假的结论。在逻辑上,从 T 包含着一个与 O 冲突的预见这一事实,只能推论出 T 和 O 这二者中有一个是假的,但是单凭逻辑无法告诉我

们究竟哪一个是假的。当观察和实验提供的证据与某个定律的或理论的预见相冲突时,也许,有误的是这个证据而并非该定律或理论。情境逻辑中并没有任何东西要求,当出现定律或理论与观察或实验相冲突的情况时,总应该拒绝定律或理论。也许应该拒绝一个可错的观察命题,而将与之有冲突的可错的理论予以保留。当哥白尼理论被保留下来,而通过肉眼对金星和火星的规模的观察结果,由于在逻辑上与这个理论不相符而被放弃了,这时,恰恰 88 体现的就是这种情况。当现代对月球轨道的详细说明保留下来,而基于独立的观察对其规模的估算被拒绝了时,也体现了这种情况。无论一个关于事实的主张可能多么稳固地建立在观察或实验的基础之上,否认主义者的立场都不可能排除这样的可能性:科学知识的进步也许会揭示那种主张是不适当的。因此,并没有通过观察完成对理论的明确的和定论性的否认。

否认所遇到的逻辑问题并没有到此结束。如果有一个非白的天鹅的事例被确定,那么“凡天鹅皆白”肯定就会被否认。但是,这种对否认逻辑的简单化的说明,掩饰了否认主义的一系列严重困难,这些困难产生于任何现实检验情况的复杂性。一个现实的科学理论是由一组全称命题构成的,而并非是由像“凡天鹅皆白”这样的一个单一命题构成的。更进一步讲,如果一个理论将要接受实验检验,那么,所涉及的并不仅仅是那些构成这个将要接受检验的理论的命题。对理论的论证需要一些辅助性的假定,例如那些关系到任何仪器的使用的定律和理论。此外,为了推导某种将用实验对其有效性加以检验的预见,必须增加一些初始条件,如对实验设置的描述等。举例来说,假设我们要借助望远镜对某个行星

的位置进行观察,以此来检验一个天文学理论。这个理论必然预见,望远镜的朝向一定能使人们在某个特定的时间看到这颗行星。这个预见由之推导出来的那些前提,将包含一些构成这个将要接受检验之理论的相互联系的命题,一些诸如该行星和太阳以前的位置之类的初始条件,一些例如能够修正该行星的光在地球的大气层中的折射的辅助性假设,等等。这样,如果从这一系列前提中推断出的预见被证明是错误的(在我们的例子中,如果那颗行星并没有在预见的位置上出现),那么,情境逻辑允许我们得出的全部结论就是,这些前提中至少有一个是假的。它并不能使我们辨别出错误的前提。也许,这个接受检验的理论是错误的,但也可能正相反,应对错误的预见负责的是某个辅助性假设或者对初始条件的描述。因为无法排除,除接受检验的理论之外,这种复杂的检验情境的某个部分也有可能应对出错的预见负责,所以,一个理论无法被定论性地否定。皮埃尔·迪昂(Pierre Duhem)在其著作(1962,第183—188)中首次提出了这个困难,而威廉·V.O.奎因在其论文(1961)中又重新提出了这个困难,在此之后,这个困难常常被冠以迪昂—奎因论题之名。

以下有一些选自天文学史中的例子,它们将说明这一点。

在以前引用的一个例子中,我们讨论了牛顿理论明显受到了天王星轨道的反驳。在这个个案中,结果证明,有错误的不是这个理论,而是对初始条件的描述,因为它没有把有待发现的海王星考虑在内。第二个例子涉及丹麦天文学家第谷·布拉赫(Tycho Brahé)使用的论证,他在哥白尼理论首次发表几十年以后声称,他已经用这种论证驳倒了这一理论。布拉赫论证说,如果地球在围

绕太阳的轨道上运动,那么,在一年期间,当地球从太阳的一侧运动到另一侧时,从地球观察到的某个恒星的方位就会有所变化。然而,当布拉赫试图用他的仪器去发现这种预见中的视差时,尽管这个仪器是当时最精密和最灵敏的仪器,布拉赫失败了。这导致布拉赫得出结论说,哥白尼理论是错误的。从事后认识来看,可以评价说,应该为有误的预见负责的不是哥白尼理论,而是布拉赫的一个辅助性假设。布拉赫把恒星的距离估计得小了许多倍。当他的估计被更实际的估计取代后,结果证明,所预见的视差非常小, 90 以至于布拉赫的仪器无法发现。

第三个例子是伊姆雷·拉卡托斯(1970,第 100—101 页)所设计的一个假说,这个假说是这样:

这是一个虚构的行星非正常运行的事例。一个爱因斯坦时代以前的物理学家接受了牛顿力学及其万有引力定律 N 和公认的初始条件 I , 并且借助它们计算出了一颗新发现的小行星 p 的轨道。但是这颗行星偏离了所计算的轨道。我们这位牛顿派物理学家是否会认为,这种偏离是牛顿理论所不容许的,因而一旦这种偏离被证实,它就驳倒了这个理论 N ? 不会,他会认为,一定有一颗迄今为止尚不为人所知的行星 p' 引起了 p 的轨道摄动。他会计算这颗假设的行星的质量、轨道等等,并且会要求一位实验天文学家检验这个假说。这颗行星 p' 太小了,以至于甚至用现有的功效最大的望远镜也不可能观察到它;这个实验天文学家于是申请一项研究资金来建造一个功效更大的望远镜。这个新望远镜花了 3 年时

间造好了。如果这颗未知的行星 p' 被发现,人们将会为牛顿科学的这一新的胜利而欢呼。但是,这颗行星并没有被发现,我们这位科学家是否会放弃牛顿理论和他自己的摄动行星的思想吗?不会,他会认为,有一团宇宙尘埃云把它遮挡了,使我们无法观察到它。他会计算这团云的位置和性质,并且申请一项研究资金来发射一颗人造卫星,以便检验他的计算结果。如果这颗人造卫星的仪器(也许是一些新的、根据一个没有经过多少检验的理论建造出来的仪器)记录了所猜想的那团云的存在,那么,人们会为牛顿科学的这一重大胜利而欢呼。但是,这团宇宙尘埃云并没有被发现。我们的科学家是否会放弃牛顿理论,并且放弃他自己关于摄动行星的思想和掩盖它的宇宙尘埃云的思想吗?不会,他会认为,在宇宙的那个区域存在着某个磁场,它干扰了人造卫星的仪器。一颗新的人造卫星又发射升空了。如果发现这个磁场,牛顿学派就会庆祝一个巨大的胜利。但是,这个磁场并没有被发现。是否可以认为这是对牛顿科学的一种反驳?否,他或许还会提出另一个有独创性的假说,或许……整个故事会被埋在布满灰尘的一卷卷杂志中,再也不会有人提及这个故事了。

- 91 如果这个故事被认为是看似真实的,它会说明一个理论如何通过把否认转向复杂的假设网络的某个其他部分,从而总能够避免被否认。

2. 以史为据看否证主义的不当

一个令否证主义者窘迫的历史事实是,如果科学家们严格遵循他们的方法论,那么,那些被普遍认为是科学理论的最好榜样的理论永远也不能得以发展,因为它们在其初期可能就被拒绝了。从任何一个关于经典科学理论的例子来看,无论是在该理论最初被提出来之时还是在以后的岁月,都可能会发现,有一些可观察断言在那时被人们普遍认可,并且被认为是与这个理论不一致的。然而,这些理论并没有被拒绝,而它们未被拒绝对科学来说是件幸事。以下有一些支持我的主张的历史事例。

在其问世之初,牛顿的万有引力理论曾遭到有关月球轨道的观察结果的否证。使这种否证转向牛顿理论以外的原因,花费了将近 50 年的时间。在其以后的生涯中,众所周知这个理论又与水星轨道的细节不相符,然而科学家们并没有因此而放弃这个理论。事实证明,永远也不可能以某种方式把这种否证解释为保护了牛顿理论。

第二个例子是拉卡托斯(1970,第 140—154 页)提出来的,涉及玻尔(N. Bohr)的原子理论。该理论早期的描述与这一观察结果不一致:物质在超过 10^{-8} 秒的时间内是稳定的。按照这一理论,在原子中,带负电荷的电子在围绕带正电荷的原子核的轨道上运动。但是按照玻尔理论所提出来的经典电磁学理论,沿轨道运动的电子会发生辐射。辐射的结果是,一个沿轨道运动的电子会失去能量并且会崩坍而陷入原子核之中。按照经典电磁学的详细 92

测量,估计发生这种崩坍的时间为大约 10^{-8} 秒。幸运的是,玻尔不顾这种否认坚持了他的理论。

第三个例子与分子运动理论有关,这个例子的有益之处在于,该理论的创始人在其理论诞生之时就明确承认了对该理论的否认。当麦克斯韦(1965,第1卷,第409页)于1859年第一次发表气体动分子运动论的细节时,他在同一篇文章中承认了这一事实,即该理论被有关气体比热的测量否认了。18年之后,在评论分子运动理论的结论时,麦克斯韦(1877)写道:

毫无疑问,从我们当前关于物质结构的观点的状况来看,这些结论中有些是令我们非常满意的,但是还有另外一些结论可能会使我们震惊而不再自鸣得意,并且也许最终会把我们从我们迄今一直用来作为庇护的所有假说中驱赶出来,进入彻底的自觉无知的状态,这种状态正是一切真正的知识进展的序幕。

分子运动理论的所有重要发展都出现在这一否认之后。这一次又很幸运,在面对有关气体比热的测量作出的否认时,这个理论并没有朴素像否认主义者可能不得不坚持的那样被放弃。

第四个例子是哥白尼革命,我将在下一节对它作更详细概述。这个例子强调了在考虑重要的理论变革的复杂性时否认主义者所遇到的困难。对于一些近年来表征科学及其方法之本质的更恰当的尝试,这个例子也为对它们的讨论做好了准备。

3. 哥白尼革命

在中世纪的欧洲,人们普遍承认地球位于一个有限的宇宙的中心,而太阳、行星和恒星都在围绕它的轨道上运动。为这种天文 93
学提供基础框架的物理学和宇宙学,基本上是亚里士多德在公元前四世纪发展出来的。在公元2世纪,C.托勒密(C. Ptolemy)创建了一个详细的天文学体系,该体系明确说明了月球、太阳以及所有行星的轨道。

在16世纪最初的几十年中,哥白尼创建了一种新的天文学,即地球运动的天文学,这对亚里士多德体系和托勒密体系提出了挑战。按照哥白尼的观点,地球并非在宇宙的中心静止不动,而是与诸行星一起在围绕太阳的轨道上运动。到了哥白尼的思想被证实之时,亚里士多德的世界观已经被牛顿的世界观取代了。这一重要的理论变革的进程历时超过了一个半世纪,这段历史的细节并没有给归纳主义者和否认主义者倡导的方法论提供任何支持,而是显示,需要一种不同的、也许结构更为复杂的对科学及其成长的说明。

当哥白尼于1543年第一次公布他的新天文学的细节时,有许多论据可以而且也的确被用来反对这种新的天文学。相对于当时的科学知识而言,这些论据是合理的,而哥白尼无法令人满意地反驳它们从而捍卫他的理论。为了评价这种情况,有必要熟悉一下亚里士多德世界观的某些方面,因为那些反对哥白尼的论据就是以它为基础的。以下将对某些相关的论点作一非常简要的概述。

亚里士多德的宇宙分为两个不同的区域。月下区是内区,从位于中心的地球延伸到月球轨道的内侧。有限宇宙的其余部分就是月上区,从月球的轨道延伸到恒星天球,它是宇宙的外部边界的标志。在这个天球以外不存在任何物质,甚至没有空间。在亚里士多德的体系中,不可能存在空无一物的空间。所有月上区的天

94 体都是由一种被称之为以太的不可腐蚀的元素构成的。以太具有一种沿着正圆形轨道围绕宇宙中心运动的自然倾向。在托勒密的天文学中,这种基本思想得到了修改和扩展。由于在不同时间对行星位置的观察结果无法与以地球为中心的圆形轨道相一致,托勒密于是把更多的被称之为本轮的圆形轨道引入了该体系。行星沿着这些圆形轨道或本轮运动,而这些本轮的中心则沿着围绕地球的更大的圆形轨道运动。可以通过给本轮再添加本轮的方法对轨道作进一步的修正,从而产生一个体系,它与对行星位置的观察结果相符合,并且能够预见行星未来的位置。

与月上区的有序、规则和不可腐蚀的特性相反,月下区是以变化、生长和衰落、繁殖和腐蚀为标志的。月下区的所有物质都是气、土、水、火这四种元素的混合物,而在某一混合物中,这些元素的相关比例就决定了如此构成的物质的属性。每一种元素在宇宙中都有一个自然位置。土的自然位置在宇宙的中心;水的自然位置在地球的表面;气的自然位置在紧接着地表之上的区域;火的自然位置在大气层的顶部、接近月球轨道的地方。因此,地球上的每一个物体都会在月下区有一个自然位置,该位置取决于它所含有的四种元素的相关比例。石头主要是由土构成的,它们的自然位置在地心附近,而火焰主要是由火构成的,它们的自然位置在月球

轨道附近,如此等等,不一而足。所有物体都有一种沿着直线朝上或朝下向其自然位置运动的倾向。因而石头有一种直接朝下向心地心的自然运动,而火焰有一种朝上离开地心的自然运动。除了自然运动以外,所有其他运动都需要某种原因。例如,箭需要用弓来推进,战车需要马来牵引。

这些就是亚里士多德的力学和宇宙学的梗概,与哥白尼同时代的人把亚里士多德的力学和宇宙学作为前提,并且把它们用来 95 作为反对地动说的论据。我们来考虑一些反对哥白尼体系的有一定说服力的论据。

也许,对哥白尼构成了最严重威胁的论据是所谓塔的论据,该论据如下。如果地球像哥白尼所认为的那样围地轴自转,那么,地球表面上的任何一点都会在一秒钟之内运动相当一段的距离。在这个运动着的地球上,如果从一个矗立的高塔之塔顶把一块石头抛下,它将朝着地心下落完成其自然运动。当它在进行这样的运动时,塔会与地球一起进行因地球自转所导致的运动。结果,当这块石头落到地面时,塔将随地球的转动离开石头开始坠落时它所在的位置。因此,这块石头应该落在与塔基有相当距离的地面上。但实际上并不会出现这种情况。石头总是落在塔基的地面上。由此推知,地球不可能自转,而哥白尼理论是错误的。

另一个反对哥白尼的力学论据,涉及像石头和哲学家这样松散地呆在地球表面的物体。如果地球在自转,为什么这些物体没有像石头从滚动的车轮的边缘被抛出去那样,从地球表面被抛出去?如果地球在自转的同时其整体又围绕太阳运动,为什么它没有把月球留在后面?

有些基于天文学的考虑反对哥白尼的论据，本书已在前面提到过。这些论据涉及在观察恒星的位置时没有发现视差，以及这一事实：当用肉眼观察时，火星和金星的表观尺寸在一年过程中没有显著的变化。

由于我已经提及的这些论据以及其他诸如此类的论据，哥白尼理论的支持者面临着严峻的困难。哥白尼本人非常沉醉于亚里士多德的形而上学，他没有对这些论据作出适当的回应。

96 考虑到这些反对哥白尼的论据的力量，也许应该问一下，在1543年能为支持哥白尼理论说些什么？回答是：“没有多少可说的。”哥白尼理论的主要吸引力在于，它能以简洁的方式解释行星运动的多种特性，而对这些，它的对手托勒密理论只能以一种枯燥的、非自然的方式来解释。这些特性包括行星的逆行，以及这一事实，即与其他行星不同，水星和金星总是处在邻近太阳的区域。一颗行星每隔一定时间会逆行，亦即，（从地球上看来）停止它在恒星间向西的运动，并在短时间之内、在它重新继续向西的运动以前，它会沿着它的路径折回。在托勒密体系中，对于这种逆行，是用某种特设性的方法即添加一些为解释而特别构想出来的本轮来说明的。在哥白尼体系中，没有必要采取任何这种非自然的步骤，因为地球和行星以恒星为背景一起沿着围绕太阳的轨道运动，而逆行就是这一事实的自然结果。类似的评论也适用于太阳、水星和金星常常很接近这个问题。一旦证实水星和金星的轨道都在地球的轨道的内侧，这个问题就成了哥白尼体系的一个自然结果了。而在托勒密体系中，必须以非自然的方式把太阳、水星和金星的轨道联系起来，才能得出需要的结果。

因此,哥白尼体系有一些对它有利的数学特性。除了这些特性之外,就简单性和与对行星位置的观察相符合而言,这两种竞争的理论大体上是不相上下的。以太阳为中心的圆形轨道是无法与观察完全一致的,因此,哥白尼像托勒密一样,需要添加一些本轮,而为了展现与已知的观察结果相吻合的轨道,这两个体系所需要的本轮的总数是大致相同的。在 1543 年,从数学简单性着眼支持哥白尼的论据,不可能被认为是对那些从数学和天文学方面反对 97 他的论据的适当反驳。然而,许多很有数学才华的自然哲学家被哥白尼体系所吸引,他们捍卫这一体系的努力在以后的 100 年左右变得越来越成功了。

对捍卫哥白尼体系做出了最重要贡献的人是伽利略。他采取了两种方法。第一,他用望远镜对天空进行观察,在这样的观察过程中,他改变了需要哥白尼理论解释的观察事实。第二,他开了新力学的先河,这种新力学被用来取代了亚里士多德的力学,而且,有了这种新力学,就使得那些反对哥白尼的力学论据失去了效力。

当伽利略于 1609 年制造了他的第一批望远镜并把它们对准天空时,他作出了一些戏剧性的发现。他看到了许多用肉眼看不到的星星。他看到木星有一些卫星,他还看到月球的表面有许多山峰和环形山。当用望远镜观察时,他还看到了火星和金星的表观尺寸按照哥白尼理论所预见的那样发生了变化。后来伽利略又确证了金星像月球一样显示出位相,这个事实与哥白尼体系是完全相容的,但与托勒密体系却不相容。亚里士多德学派反对哥白尼的论据是以这一事实为基础的:卫星总是与所谓运动的地球并驾齐驱的,木星的卫星使这种论据失去了效力,因为现在面对木星

及其卫星,亚里士多德学派遇到了同样的问题。月球与地球相像的表面,使得亚里士多德学派对完美的、不可腐蚀的天空与变化的可腐蚀的地球的区分丧失了基础。金星盈亏的发现对哥白尼学派来说标志着一个胜利,对托勒密学派来说是一个新的问题。不可否认的是,一旦伽利略通过望远镜所作观察的结果被人们接受,哥白尼理论所遇到的难题就烟消云散了。

98 前面对伽利略及其望远镜的评论提出了一个重要的认识论问题。为什么应该选择用望远镜观察的结果而不是选择用肉眼观察的结果?对这个问题的一种回答也许会利用有关望远镜的光学理论,该理论能解释望远镜的放大特性,还能说明我们可能料想的望远镜映像出现的各种像差。但是,伽利略本人并没有为此利用某种光学理论。最早的能在这方面提供支持的光学理论,是与伽利略同时代的人开普勒在16世纪初发明的,在以后的几十年中,这个理论又被修改和扩展了。对于我们对用望远镜观察的结果是否优于用肉眼观察的结果的疑问,第二种回答方式是,以一种可行的方式,例如把望远镜对准远处的高塔、船只,等等,来证明望远镜的有效性,并且证明这种仪器如何能放大和呈现物体,使物体更加清晰可见。然而,对在天文学中使用望远镜的这种证明有一个困难。当通过望远镜观看陆地上的物体时,由于观察者熟悉高塔、船只等等的外形,把所观察的物体与望远镜导致的像差区分开是可能的。但是,当观察者搜索他不了解的天空时,情况就不是这样。在这方面意味深长的是,当伽利略用一架望远镜观察月球表面时,他所绘制的图中包含了某些在那里事实上并不存在的环形山。可以假设,这些“环形山”是伽利略远非完善的望远镜的性能引起的像差。

这段论述足以表明,对望远镜观察的合理性的证明并不是一件简单而明确的事情。那些质疑其发现的伽利略的反对者们并非都是些愚蠢而顽固的保守分子。当越来越完善的望远镜被制造出来并且有关它们的性能的光学理论得以发展后,证明就变得唾手可得而且越来越充分了。但所有这一切都需要花费时间。

伽利略对科学最伟大的贡献是他在力学方面的研究。他为后来将取代亚里士多德力学的牛顿力学奠定了某些基础。他明确地把速度与加速度进行了区分,并且断言,自由落体以某种恒定的与 99 它们的重量无关的加速度运动,下落的距离与下落的时间的平方成正比。他反驳了亚里士多德关于所有运动都需要某种原因的断言。他论证说,一个沿着一条与地球同心的线水平运动的物体,其速度既不会增加也不会减少,因为它既没有上升也没有降落。他对抛体运动进行了分析,他把抛体运动分解为两部分,一部分是以匀速进行的水平运动,另一部分是以匀加速进行的垂直的下落运动。他指出,所合成的抛体的运动轨迹是一条抛物线。他提出了相对运动概念,并且论证说,不选择一个系统以外的参照点,就无法用力学方法就发现该系统的匀速运动。

这些重要的发展并不是由伽利略在瞬间完成的。它们是在半个世纪的时间内逐渐出现的,最终在他的著作《两种新科学》(*Two New Science*, 1974)中达到了顶峰,该书最初于1638年出版,这时几乎是在哥白尼的重要著作出版一个世纪以后了。伽利略用许多例证和思想实验使得他的新观念具有了丰富的意义并且越来越精确。有时候,伽利略也会描述一些实际的实验,例如,球体沿倾斜的平面滚下的实验,尽管伽利略实际上究竟做了多少这类实验仍

然是个有争议的问题。

伽利略的新力学使得人们能够反驳上述的某些异议而捍卫哥白尼体系了。一个留在某一高塔的顶部的物体会与该塔一起围绕地心作圆周运动,当它从高塔落下时,它仍会与高塔一起继续这样的运动,因而,与经验相一致的是,它会落在塔基的地面上。伽利略使论证更进了一步,他断言,他关于水平运动的观点的正确性可以这样来证明:使一块石头从一条匀速行驶的船的桅杆上落下,结果会发现,这块石头会落在桅杆脚下的甲板上,尽管伽利略并没有声明他完成了这个实验。在解释松散的物体为什么没有从地球表面被抛出去这方面,伽利略不太成功。

尽管伽利略的大部分科学研究旨在巩固哥白尼理论,但伽利略本人并没有发明一种详细的天文学,而且在偏爱圆形轨道方面似乎步了亚里士多德学派的后尘。在这方面取得重大突破的是与伽利略同时代的人开普勒,他发现,每个行星的轨道,可以用一个单一的以太阳为其中一个焦点的椭圆来描述。这就排除了托勒密和哥白尼都觉得必要的复杂的本轮体系。在托勒密的地心说体系中是不可能进行类似的简化的。开普勒掌握了第谷·布拉赫对行星位置的记录资料,这些资料比哥白尼能利用的资料精确得多。经过对这些资料艰苦的分析,开普勒得出了他的行星运动的三定律,即行星沿椭圆形轨道围绕太阳运动,行星和太阳的连线在相等时间内扫过的面积相同,以及行星公转周期的平方与它和太阳之间的平均距离的立方成正比。

伽利略和开普勒无疑加强了支持哥白尼理论的论据。不过,在使该理论牢固地建立在一种综合性的物理学的基础上以前,还

必须有更进一步的发展。牛顿可以利用伽利略、开普勒以及其他人的研究成果,创建这样一种综合性的物理学,并把它发表在他于1687年出版的《原理》(*Principia*)之中。他清晰地阐明了导致加速度的原因是力而非运动这一观念,对于这一观念,伽利略和开普勒都在其著作中以比较含混的方式谈到过。牛顿用其线性惯性定律取代了伽利略的惯性思想,按照他的定律,除非物体受到外力的作用,否则,它们将使沿着直线的匀速运动一直继续下去。牛顿另一个重要贡献当然就是他的万有引力定律。这个定律使得牛顿可以说明,开普勒的行星运动定律和伽利略的自由落体定律具有近似101的正确性。在牛顿体系中,天体的领域和地上物体的领域被统一在一起,每一组物体都依照牛顿运动定律在力的作用下运动。一旦牛顿物理学被建立起来,就有可能把它彻底地应用于天文学。例如,有可能把月球的有限规模、地球的自转、地球在地轴上的晃动等等因素考虑进去,对月球轨道的详细情况加以研究。还有可能研究由于太阳的有限质量、行星间的引力等因素引起的行星偏离开普勒定律的情况。牛顿的后继者们花费了以后两个世纪的时间完成了这样一些发展。

我在这里概述的这段历史理应足以表明,哥白尼革命并不是从在比萨斜塔上扔下一两顶帽子的那一刻就发生了。而且很清楚,无论是归纳主义者还是否认主义者,他们对科学的说明都是与这段历史不相符的。力和惯性等新概念并不是仔细的观察和实验的结果。它们也不是通过对大胆的猜想的否认和不断用一个大胆的猜想取代另一个而出现的。对这种新的理论的早期阐述包含了一些论述得并不完善的观念,尽管有一些显见的否认,这些阐述得

到了坚持和发展。这种新的理论只有在一种新的物理学体系发明之后才能成功地在细节方面与观察结果和实验结果相吻合，而那种新物理学体系则是众多科学家历经数个世纪的智力劳动和实践活动的产物。任何对科学的说明如果不能考虑这些因素，那么就不能认为它是比较适当的。

4. 否认主义划界标准的不适当性和 波普尔的回答

- 102 波普尔为他对科学与非科学或假科学的划界标准提出了一个颇有吸引力的论据。按照波普尔的观点，科学理论应当被否认，也就是说，它们应当具有一些可用观察和实验来检验的结论。这种标准的一个缺点是，如果不加限定，这个标准太容易被满足，尤其是被许多知识主张满足，以至于波普尔不愿意把任何一种知识划入非科学之列。占星学家的确提出了许多可否证的（而且常常被否认的）主张，同时，一些发表在报纸和杂志上的占星结果也的确提出了一些可否证的（以及一些不可否认的）主张。本书第五章引述了《星宿报》（*Your Stars*）的一个专栏作出的这一（不可否认的）预见：“在赌博投机活动中可能是有运气的，”这同一专栏还预示，那些在3月28日出生的人“会有一个新的情人使你的眼中闪烁喜悦之色，并且改变社会活动”，这当然是一个可否证的预示。任何类型的坚持应当从字面上理解《圣经》（*the Bible*）的基督教基要主义都是可否证的。如果没有海并且/或者没有鱼，《创世记》（*Genesis*）中关于上帝创造了海并使鱼在海中繁殖的主张就会被否认。波普

尔本人注意到,弗洛伊德理论,就它把梦解释为愿望的满足而言,面临着被梦魇否认的威胁。

否认主义者对这种考察可能作出的一个回答是表明,这些理论不仅必须是可否证的,而且还必须是未被否认的。这也许就把占星结果排除在科学之外了,而波普尔论证说,这也可以把弗洛伊德理论排除在外。但是不能太轻易地接受这种解答,以免把一切否认主义者希望作为科学而保留下来的理论排除掉,因为我们业已看到,大多数科学理论都有其问题,并且与某个或另外一个公认的观察结果相冲突。这样,按照精致否认主义者的观点,可以允许对面临显见否认的理论进行修改,甚至可以不顾否认,怀着问题在将来会得到解决的希望坚持这些理论。从引自波普尔的论文(1974,第55页)的以下这段话中可以看到这种回应,这是波普尔应对我在这里所提到的那类困难的一种尝试:

我总是强调需要某种教条主义:教条主义的科学发挥着 103
某种重要的作用。如果我们过于轻易地向批评屈服,我们将永远也看不出我们的理论的真正力量所在。

在我看来,这段话能够说明,从本章提出的那类批评来看否认主义所面临的严重困难的程度。否认主义的突围策略是强调科学所具有的批判成分。我们的理论将会遇到无情的批判,这样,不适当的理论可以被淘汰,并且被一些更适当的理论取而代之。在面对有关在什么确定的范围内理论可以被否认这一问题时,波普尔承认,尽管有显见的否认,保留理论往往仍是必要的。因此,尽管

无情的批判是可取的,但看起来可能是其对立面的教条主义仍然还有一些正面的作用。人们也许会相当怀疑,一旦承认教条主义具有某种重要作用,还能给否证主义剩下什么?进而言之,如果既对批判态度又教条主义态度表示宽容,那么就很难明白,应当拒绝什么态度。(也许具有讽刺意味的是,如果具有高度限制的否证主义变得如此软弱以至于什么也不排除,因此就会与导致波普尔对它进行系统阐述的最重要的直觉相冲突!)

5. 补充读物

在希尔普主编的著作(1974)中有一系列对波普尔的否证主义的批评。拉卡托斯在其论文(1970)中对除最精致的否证主义以外的所有否证主义展开了批评。本章许多有关否证主义与哥白尼革命不相符的论点引自费耶阿本德的著作(1975)。

在拉卡托斯和马斯格雷夫主编的文集(1970)中,有一些文章把波普尔的观点与库恩的观点进行了批判性比较,关于库恩的观点将在下一章讨论。在迈约的著作(1996)中有一些略微调整的对波普尔观点的批评。

第八章 作为结构的理论(一): 库恩的范式

104

1. 作为结构的理论

前一章对哥白尼革命的概述表明,归纳主义和否认主义对科学的说明都过于零碎了。它们把注意力集中在理论与个别的或成组的观察命题之间的关系上,而似乎未能把握重要的理论发展模式的复杂性。自 20 世纪 60 年代以来有一点已经变得很常见了,即人们会从上述情况得出这样的结论:对科学更恰当的说明,必须从理解科学活动发生于其中的理论框架开始。以下 3 章所关注的是,由于采用这种方法而产生的三种有影响的对科学的说明。(在第十三章中,我们将有理由对“依赖理论”的科学观是否走得太远提出疑问。)

关于为什么有人认为有必要把理论看作是结构,有一个理由源于科学史。史学研究揭示,大多数科学的进化和进步都展现了一种结构,对于这种结构,无论是归纳主义的说明抑或否认主义的说明都没有予以关注。哥白尼革命已经给我们提供了一个例子。反思以下事实将能使这一观念得到加强:在牛顿以后的几个世纪

中,物理学都是在牛顿的框架中发展,直到该框架在 20 世纪之初受到相对论和量子理论的挑战时为止。不过,历史论据并不是为什么有些人认为有必要把注意力放在理论框架之上的唯一理由。有一种更具普遍性的哲学论据,它与在什么方式上可以说观察依
105 赖理论密切相关。在第一章中我们已经强调了,观察命题必须用某种理论的语言来表述。因此可以证明,只有在理论是精确的和能增进知识的情况下,用理论语言构成的命题以及在命题中出现的概念,才会是精确的和能增进知识的。例如,我认为,人们会同意牛顿的质量概念比民主概念有更精确的意义。指出这一点看起来是合理的,即前者具有相对精确意义的理由来源于这样的事实:该概念在一个精确的、紧密结合在一起的理论亦即牛顿力学中,发挥着一种特别的有着完备定义的作用。相比之下,“民主”概念出现于其中的社会理论是模糊的和多种多样的。如果确实像上述指出的那样,某个术语或命题的意义的精确性与该术语或命题在一个理论中所起的作用之间有着密切联系,那么似乎可以由此直接推断,具有前后一致的结构理论是必要的。

也许可以认为,一个概念是以某些可能的方式获得其意义的,从这些方式的局限性来看,概念的意义对它们出现于其中的理论的依赖,以及概念意义的精确性对理论的精确性和一致性程度的依赖,似乎是合理的。一种可供选择的观点是,概念是通过定义获得它们的意义的。但是,必须拒绝把定义作为确定意义的基本方式,因为概念只能用其他已经给定意义的概念来定义。如果这些其他概念本身的意义也是由定义来确定的,那么显然,除非有些概念的意义是通过其他方式获知的,否则就会出现无穷回归。除非

我们已经知道许多单词的意义,否则,一部词典是没有什么用处的。牛顿无法根据以前可以利用的概念来定义质量和力。他必须提出一个新的概念框架以便超越旧的框架的局限。第二种可供选择的意见是,概念是通过实指定义获得它们的意义的。我们已经看到,在本书第一章我们讨论一个孩子学习“苹果”的意义时,即使 106 对于像“苹果”这样基本的概念,这种方法也难以维持。对于要定义某种诸如力学中的“质量”或电磁学中的“电场”之类的概念,这种方法似乎更不可能了。

对于概念的意义至少在一定程度上来源于它们在某一理论中所起的作用这一主张,以下对历史的反思可以为之提供支持。与流行的神话相反,实验对于伽利略在力学方面的创新而言绝不是至关重要的。在阐述他的理论时,他所提到的许多“实验”都是思想实验。这一点对那些把新理论的产生看作是实验的结果的人来说,可能似乎是荒谬的,但是,如果承认,只有当具有一种精确的理论、该理论能以精确的观察命题的形式提出一些预见时,才能完成精确的实验,那么,这一点就很容易理解了。也许可以证明,伽利略正处在为创建一门新的力学做出重大贡献的过程之中,而后来证明,这种新力学能够为以后的某个阶段的详细的实验提供支持。他的努力包括思想实验、类比和说明性的比喻,但却没有详细的实验,对此不必感到惊讶。可以提出一个大致如此的论据:无论是“化学元素”、“原子”、“无意识”抑或任何其他诸如此类的某个概念的典型历史都是这样,这样的概念最初是作为一种模糊的思想出现的,随后,当它在其中发挥作用的理论变得更精确和前后更为一致时,它逐渐被澄清了。可以把电场概念出现的方式,作为支持这

种观点的一个例证。当法拉第在 19 世纪上半叶第一次提出电场的概念时,这个概念是非常模糊的,而且对这个概念的阐述借助了诸如拉紧的绳子等事物的力学类比,并用比喻的方式使用了“张力”、“功率”和“力”之类的术语。随着电场与其他电磁量之间的关系得到了更加清晰的阐述,电场概念的定义变得日臻完善了。当
107 麦克斯韦提出了他的位移电流的概念时,也是借助力学类比,才有可能使理论以麦克斯韦方程的形式前后更为一致,这些方程清晰地阐明了所有电磁量之间的相互关系。没过多久,一直被认为是为场提供力学基础的以太概念就可以废弃了,而各种场,由于它们本身是一些有清晰定义的概念,因此被保留了下来。

在本节中,我试图为把科学当作是理论框架的探讨构造了一种造理论基础,科学研究和论证正是在这些框架中进行的。在本章和以后两章,我们将考察提出了这种思想的三位重要的科学哲学家的研究。

2. 托马斯·库恩简介

归纳主义和否证主义对科学的说明,受到了托马斯·库恩(Thomas Kuhn)在其著作《科学革命的结构》(*The Structure of Scientific Revolutions*, 1970a)中的重大挑战,该书第一版出版于 1962 年,八年之后再版,增加了一个用来澄清某些问题的《后记》。在该书出版以后,库恩的观点就在科学哲学界引起了反响。库恩是作为一个物理学家开始其学术生涯的,后来他把注意力转向了科学史。在这一过程中他发现,他关于科学的本质的种种预想被打破了。

他开始认为,对科学的传统的说明,无论是归纳主义的说明还是否证主义的说明,都与历史证据相左。因此,库恩所提出的对科学的说明,试图提供一种与他所认为的历史情况更为一致的理论。他的理论的一个关键特征就是强调科学进步具有革命性,这里所说的革命包括摒弃一种理论结构,并用另一种不相容的理论结构取代它。另一个重要特征是强调科学共同体的社会学特征所起的重要作用。

108

可以用以下这一开放的图式来概括库恩所描述的科学进步的方式:

前科学—常态科学(*normal science*)—危机—革命—新的常态科学—新的危机。

当某个科学共同体开始遵循某个单一的范式(*paradigm*)之后,那种在一门科学形成以前的混乱和多样化的活动,最终会转变为有组织和有定向的活动。范式由一些具有普遍性的理论假设和定律以及它们的应用方法构成,而这些理论假设、定律和应用方法都是某个特定的科学共同体的成员所接受的。无论一个范式是牛顿力学、波动光学、分析化学或任何诸如此类的理论,在该范式框架内进行研究的人都在从事库恩所谓的常态科学。对于实验结果所揭示的现实世界的某些相关活动,常态科学家会尝试予以说明和适应,与此同时,他们将阐明和发展范式。在此过程中,他们将不可避免地经历一些困难并且遇到一些显见的否证。如果这些困难失去控制,就会出现危机状态。当一种全新的范式出现并且吸

引越来越多的科学家的忠诚,直到最终,原来那个问题百出的范式被放弃,这时,危机会被解决。这种不连续的变化构成了科学革命。新的范式充满了希望,而且没有受到任何显然难以克服的困难的困扰,它现在要指导新的常态科学活动,直至它也遇到严重麻烦,并且出现新的危机随之又发生新的革命时为止。

进行了这种作为事先了解的扼要的介绍之后,我们来对库恩图式的不同组成部分进行详细的考察。

3. 范式和常态科学

一门成熟的科学是受单一的一种范式支配的。^① 一个范式为在它所支配的科学中的合理工作确立了一些标准。范式将协调和指导在它的框架之中工作的常态科学家群体“解难题(puzzle-solving)”的活动。按照库恩的观点,是否存在一个能对常态科学传统提供支持的模式,就是把科学与非科学区分开的一个特征。牛顿力学、波动光学和经典电磁学都曾构成而且也许仍将构成范式,因而有资格称之为科学。大部分现代社会学没有一种范式,因而也就没有资格称之为科学。

正如我在下面将要解释的那样,缺乏精确的定义是范式的本

^① 自《科学革命的结构》第一次问世以来,库恩已经承认,他原来是在数种不同的意义上使用“范式”这个概念的。在该书第二版的后记中,他把这个词的两种含义进行了区分,一种是广义的含义,他把它称之为“学科基质(disciplinary matrix)”,另一种是狭义的,他用“范例(exemplar)”把它取代。我将继续在广义的含义上使用“范式”,以此指库恩现在所说的学科基质。

质。不过,对某些将会构成一个范式的典型的组成部分加以描述,还是有可能的。在这些组成部分中,有陈述明确的基础定律和理论假设。因此,牛顿运动定律成为了牛顿范式的一部分,而麦克斯韦方程则成为构成经典电磁学理论之范式的一部分。范式也包括把那些基础定律应用于各种类型的情况的标准方法。例如,牛顿范式将包括把牛顿定律应用于行星运动、钟摆、台球撞击等等情况的方法。在范式中还将包括,使范式的定律对现实世界产生作用所必需的仪器制造和仪器使用技术。牛顿范式在天文学中的应用包括使用各种已被认可的望远镜和它们的使用技术,以及各种借助它们对所收集的数据进行矫正的技术。范式的另外一部分,由一些非常普遍的形而上学原则构成,这些原则将对在范式框架内所进行的工作提供指导。在整个 19 世纪,牛顿范式被类似于这样的一种假设支配着:“整个物理世界将被解释为一个机械系统,该系统在遵循牛顿运动定律之规定的各种力的影响下运行”;而在 17 世纪,笛卡儿范式包含这样的原则:“不存在虚空,物理宇宙就像一个巨大的时钟机构,在其中所有的力都表现为推力。”最后,所有的范式还将含有一些非常一般的方法论规定,例如,“要进行认真的尝试以使你的范式与自然相配”,或者“要把未能使范式与大自然相配的尝试看作是一个严重的问题”。

常态科学包含一些详尽的阐明某一范式的尝试,这些尝试的目的在于改善该范式与自然之间的相配关系。范式总是非常不精确的和开放的,因而会留下大量那类工作需要去做。库恩把常态科学描绘为受某一范式的规则支配的解难题的活动。这些难题既有理论性的也有实验性的。例如,在牛顿的范式中,典型的理论难

题包括,为处理一颗行星在一个以上引力的作用下的运动而设计一种数学方法,以及为适应牛顿定律在流体运动方面的应用而提出一些假设。实验方面的难题包括,改进望远镜观察结果的精确性,以及发展各种能够获取可靠的引力常数的测量结果的实验技术。常态科学家必须预先假设,一个范式为出现于它之中的难题准备了解决方法。解难题的失败会被认为是科学家的失败而并非范式有什么不适当。解难题受到阻碍会被认为是反常(*anomalies*)而并非对范式的否定。库恩承认,所有范式都包含某些反常(例如,哥白尼理论与金星的表观尺寸,或者牛顿范式与水星的轨道),并且拒绝所有类型的否定主义。

- 常态科学家一定不会对他们在其框架内工作的范式加以批评。唯有如此,他们才能把他们的努力集中在对范式的详尽阐述方面,才能完成深入探讨自然所必需的专门的工作。正是由于在基本原则方面没有什么分歧,才使得成熟的常态科学有别于不成熟的前科学相对来说较为混乱的活动。按照库恩的观点,前科学的特征就是在基本原则方面存在着整体上的分歧和持续的争论,
- III 这些分歧和争论如此之多,以至于不可能认真去从事专门的工作。在这样的领域中,几乎有多少研究者就有多少理论,而每一个理论家都不得不重新开始,并且证明他或她自己特有的观点是合理的。库恩以牛顿以前的光学作为例子。在牛顿以前的时代,关于光的本质有种类繁多、意见纷呈的理论。在牛顿提出他的光的粒子说并为之辩护之前,人们没有达成普遍的一致,也没有出现得到普遍认可的详尽的理论。在前科学时期,相互对立的理论家们不仅对基本的理论假设各执一词,而且对各种与他们的理论相关的观

察现象众说纷纭。就库恩承认范式在对可观察现象的探讨和解释方面有指导作用而言,他与所谓的观察和实验依赖理论的观点是一致的。

库恩强调,一个范式并非仅仅是可用清晰的规则和指导的形式明确规定的东西。他援引了维特根斯坦对“游戏”概念的讨论来说明他所意指的某些东西。维特根斯坦证明,要想清楚地说明一个活动之所以为游戏的必要条件和充分条件是不可能的。当有人试图这样做时,他总是会发现,他的定义中所包含的一项活动却是他可能不愿算作游戏的活动,或者该定义所排除的一项活动却是他可能想算作游戏的活动。库恩称,对于范式也存在这样的情况。如果有人试图对科学史或当代科学中的某个范式作出精确和明晰的表征,结果总是这样,有些在该范式框架内进行的工作是与这种表征相悖的。不过,库恩坚持认为,这种事态并不会使范式概念难以维持,正如与“游戏”相关的类似处境不会排除这个概念的合理使用一样。尽管对于范式没有完整而清晰的表征,科学家个人仍然总是通过他们的科学教育获得有关某一范式的知识。通过解决 112 一些标准的问题,完成一些标准的实验,并且最终在某个已在该范式框架内具备了娴熟的实践经验的主管人的指导下从事一项研究,一个有抱负的科学家就会逐渐熟悉那个范式的方法、技术和标准。像一个手艺高超的木匠无法对他或她的手艺以之为据的原理作出充分的说明一样,一个有抱负的科学家也将无法对他或她所获得的方法和技能作出清晰的说明。大多数常态科学家的知识都是迈克尔·波拉尼(1973)所谓的意会的(*tacit*)知识。

由于典型的常态科学家接受训练的方式,以及他们若想有效

地工作就必须接受的训练的方式,他们对他们在其中工作的范式的确切性质,将是既一无所知也无法加以阐述。然而,由此并非可以得出这样的结论:一个科学家将无法在需要时阐明范式中所包含的前提条件。当一个范式受到某个竞争对手的威胁时,这种需要就会出现。在那些情况下,就必须努力清楚地说明一个范式中所包含的普遍定律以及形而上学原则和方法论原则,以便保护它们免遭有威胁的新范式中的那些替代者的伤害。下一节将概述库恩对一个范式可能会陷入困境并被竞争对手取代的说明。

4. 危机和革命

常态科学家充满自信地在一个范式所规定的明确界定的领域中进行工作。该范式将为他们提出一组明确的问题,并且提供一些他们确信对解决这些问题来说恰当的方法。如果他们因任何解决问题的失败而抱怨范式,他们就会像木匠抱怨他的工具一样受到同样的指责。然而,人们将会遇到失败,而且这些失败最终会达到一种严重程度,以至于构成了范式的一场重大危机,而且可能导致范式被拒绝并被另一种不相容的范式取而代之。

仅仅是在一个范式内存在未解决的难题,并不会构成危机。库恩承认,范式总会遇到一些难题。总会出现一些反常。只有在一系列特别的条件下,反常才会发展到动摇人们对范式的信心的地步。如果一种反常被看作是对范式的最基本的原则的打击,而且它持续阻碍着常态科学共同体的成员消除它的努力,这样的反常就会被认为是特别严重的。库恩所引证的一个例子的是,在接

近 19 世纪末叶时麦克斯韦电磁学理论中的以太和地球相对于它的运动的问题。对于井然有序和完美充实的亚里士多德相互联系的透明天球之宇宙,彗星引发了问题,这也许是一个专业性不太强的例子。如果反常对于某种紧迫的社会需要来说很重要,那么它们也会被看作是严重的。在哥白尼时代,从需要历法改革的角度看,那些困扰着托勒密天文学的问题是很紧迫的。阻碍人们消除某一反常的努力的时间长度,也将是与该反常的严重性有关的。严重反常的数目是影响一场危机肇始的另一个因素。

按照库恩的观点,对科学危机时期的特征的分析,既需要心理学家的学识又需要史学家的学识。当人们认为反常正在给某一范式提出严重问题时,一个“明显的无专业安全感”的时期便来临了。解决问题的尝试越来越多并且变得越来越极端,而该范式为解决问题所规定的规则变得日益宽松。常态科学家开始进行哲学和形而上学的争论,并且试图依据哲学论据为他们的创新辩护,而从该范式的观点看,这些创新是有疑问的。科学家甚至开始公开表达他们对占主导地位的范式的不满和不安。库恩(1970a,第 84 页) 114
以沃尔夫冈·泡利(Wolfgang Pauli)对他认为 1924 年左右物理学中日益增长的危机所作的反应为例子。被激怒的泡利对一个朋友坦言:“那时候,物理学再度陷入可怕的混乱之中。无论如何,这种处境对我来说是很困难的,我真希望我是一个电影喜剧演员之类的人并且从未听说过物理学。”一旦一个范式变得脆弱,并且其基础被破坏到它的支持者也对它失去了信心的程度,这时,革命的时机也就成熟了。

当一个作为竞争对手的范式出现时,一场危机的严重性将会

加深。按照库恩(1970a, 第 91 页)的观点:“新范式或者一种允许事后阐述的充分的暗示,都是一下子突现出来的,有时是在午夜,在一个深深地陷入危机的人的头脑中。”新的范式将与旧的范式大相径庭,并且是与旧的范式不相容的。根本的差异是多种多样的。

每一个范式都将把世界看作是由不同的事物构成的。亚里士多德的范式把宇宙看作是分成了两个不同的王国,一个是不可腐蚀的和毫无变化的月上区,另一个是可腐蚀的不断变化的地球区。后来的范式把整个宇宙看作是由相同的数种物质构成的。拉瓦锡以前的化学包含这样的主张,即世界具有一种被称作燃素的实体,它会在物质燃烧时被释放出来。拉瓦锡的新范式意味着,并不存在诸如燃素之类的东西,而空气和氧确实存在,并且在燃烧过程中发挥着迥然不同的作用。麦克斯韦的电磁学理论包含着一种占据了所有空间的以太,而爱因斯坦对这一理论的彻底改造把以太排除了。

相互竞争的范式会把不同的问题看作是合理的或有意义的。燃素的重量对于燃素理论家来说是重要的,而对于拉瓦锡来说是没有实质意义的。行星的质量问题对于牛顿学派而言具有根本性的意义,但对亚里士多德学派而言却是异端邪说。对于爱因斯坦以前的物理学家来说,以太相对于地球的速度是极为重要的,但这个问题被爱因斯坦消除了。各种范式不仅会提出不同的问题,而且还将包含迥异的和不相容的标准。未得到解释的超距作用对牛
115 顿学派来说是容许的,而笛卡儿学派则把它斥之为是形而上学的甚至是超自然的东西。没有原因的运动对于亚里士多德而言是荒

谬的,但对牛顿而言却是自明的。在现代核物理学中,元素的嬗变有着重要的地位(就像它在中世纪的炼金术和 17 世纪的机械论哲学中那样),但却与 J. 道尔顿(J. Dalton)的原子论纲领的目的背道而驰。许多在现代微观物理学中可描述的事件都与不确定性有关,而这种不确定性在牛顿纲领中是没有地位的。

科学家在其框架内工作的范式将对他们看待世界的某个特定方面的方式提供指导。库恩论证说,在某种意义上,相互竞争的范式的支持者们“生活在不同的世界之中”。库恩以这一事实作为例证,即在哥白尼理论被提出来之后,西方天文学家才首次注意、记录和讨论了天空的变化。而在这以前,亚里士多德范式断定,在月上区不可能有任何变化,因而也就观察不到什么变化。那些被发现的变化则总是被解释为大气层上层的扰动。

一部分作为个体的科学家,从对一种范式的忠诚转向了对另一种与之不相容的范式的忠诚,库恩把这种变化比作“格式塔转换”或“宗教上的改宗”。没有纯粹的逻辑论据可以证明一种范式比另一种优越,从而可以迫使一个有理性的科学家作出这种变化。这种证明之所以不可能的一个原因在于这样一个事实,在一个科学家对某一科学理论之价值的判断中,包含着诸多因素。科学家个人的决定将取决于他或她对不同因素的优先考虑。这些因素将包括诸如简单性、与某种紧迫的社会需要的关系、解决某种特别问题的能力,等等。因此,一个科学家被哥白尼理论吸引,也许是因为该理论在一些数学方面所具有的简单性。另一个科学家被它吸引,则可能是因为该理论包含着进行历法改革的可能性。第三个 116
科学家或许是由于与地球力学有某种牵连,并且认识到了哥白尼

理论对它所提出的问题,使得他未能采用哥白尼理论。第四个科学家却可能是因为宗教的理由而拒绝哥白尼理论。

在逻辑上不能令人信服地证明一个范式比另一个现存的范式优越的第二个原因源于这一事实,即相互竞争的范式的支持者们所赞成的一系列标准和形而上学原则不尽相同。从其自己的标准来看,人们也许会认为范式 *A* 比范式 *B* 优越,而如果把范式 *B* 的标准用来当作前提,判断也许正好相反。只有当一个论证的前提被接受时,它的结论才具有说服力。相互竞争的范式的支持者们都不会接受对方的前提,因而也必然不会被对方的论证说服。正是由于这种原因,库恩(1970a,第 93—94 页)把科学革命与政治革命进行了比较。正如“政治革命的目的在于,要以现有政治制度本身所不允许的方式改变这些变制度”,因而“政治解决方案必然会失败”一样,“在相互竞争的范式之间进行选择,就等于在不相容的社会生活方式之间进行选择”,没有一种论证能够“在逻辑上甚至在概率上令人非信不可”。不过,这并不意味着,在影响科学家决策的重要因素中不包括各种各样的论证。按照库恩的观点,这些被证明在促使科学家改变范式方面颇为有效的因素,是一个有待心理学研究和社会学研究去发现的问题。

有许多相互关联的原因可以说明,为什么当一个范式与另一个范式相竞争时,却没有任何一种在逻辑上令人信服的论证可以断言,一个有理性的科学家应当为了一个范式而放弃另一个。没有这样一种单一的标准,科学家必须凭借这种标准来判断一个范式的价值或希望,进而言之,相互竞争的纲领的支持者所赞成的一系列标准是不同的,他们甚至会以不同的方式来看这个世界,并且

用不同的语言来描述它。相互竞争的范式的支持者之间的论证和讨论的目的,应当是说服而不是强迫。我认为,我在这一段中所概述的,就是库恩相互竞争的范式是“不可公度的(incommensurable)”^{*}这一主张的理由。

当相关的科学家共同体的整体而非科学家个人放弃一种范式并采用一种新的范式时,作为响应,一场科学革命就会来临。随着越来越多的科学家个人出于各种不同的原因而转向新的范式,就会出现“日渐增加的专业忠诚分布的转移”(库恩,1970a,第158页)。如果革命要取得成功,这种转移就要覆盖相关科学共同体的绝大部分,而只剩下个别的反对者。这些反对者会被排斥在新的科学共同体之外,而且,他们也许会把哲学部门当作避难所。无论如何,他们最终都将被人遗忘。

5. 常态科学和革命的功能

库恩著作的某些方面也许会给人留下这样一种印象,即他对科学本质的说明纯粹是描述性的,也就是说,他的目的仅仅在于描述科学理论或科学范式以及科学家的活动。如果是这样,那么,作为一种关于科学的理论,库恩对科学的说明恐怕就没有多少价值了。除非这种对科学的描述性说明是由某种理论构成的,否则,对于应当描述什么活动和什么活动成果,它将无法提供指导。尤其是,像详细记载某个爱因斯坦式的人物或伽利略式的人

^{*} 不可公度的(incommensurable)亦被译作不可通约的和不可比较的。——译者

物的成就那样，平庸科学家的活动和成果也可能需要这样的详细记录。

但是，把库恩对科学的表征看作只不过是来源于对科学家工作的描述，这种看法是错误的。库恩坚持认为，他的说明构成了一种科学理论，因为它包含了对科学各个组成部分的功能的解释。按照库恩的观点，常态科学和革命都是为必要的功能服务的，因此，科学必然要么包含那些特征，要么包含其他将为实现同样的功能服务的特征。我们根据库恩的观点来看一看，这些功能是什么。

常态科学的周期为科学家们提供了机会，使得他们可以把某个理论的专门部分加以发展。在一个范式亦即他们认为是理所当然的基本原则中工作时，他们能够完成严密的实验工作和理论工作，这些工作对于使范式与自然的相配达到日益增大的程度是必不可少的。正是由于科学家们对某一范式的适当性有信心，他们才能够把精力集中，投入到为解决在这个范式内给他们提出的具体难题所进行的尝试之中，而不是忙于对他们的基本假设和方法的合理性进行争论。常态科学在很大程度上应当是无可批评的，这对它来说是必备的条件。如果所有科学家无论何时都对他们在其中工作的框架的所有部分加以批评，那么，任何逐一的具体工作都难以完成。

如果所有科学家都曾经是而且一直是常态科学家，那么一门特定的科学就会陷入某个单一的范式之中，并且永远也无法超越它而进步。从库恩的观点看，这恐怕是一个严重的缺陷。一个范式包含了一个特别的可以借以观察世界和描述世界的概念框架，

还有一组特别的使范式与自然相配的实验技术和理论技术。但是没有什么先天的理由可以使人们期待,任何一个范式是完美的或者是可得到者之中最好的。不存在可以得到完全适当的范式的归纳程序。因此,科学本身应当有一种突破一种范式进入另一个更好的范式的方法。这就是科学革命的功能所在。所有范式,从它们与自然的相配方面看,都在某种程度上是不适当的。当这种不适应变得严重时,当危机扩大时,用另一个范式取代现有的整个范式的革命性步骤,对科学富有成效的进步来说就成为必不可少的了。

库恩用通过革命而进步的主张取代了具有归纳主义科学观特点的通过积累而进步的主张。按照归纳主义的观点,伴随着观察 119 数量和观察种类的增加,使得人们可以构造出新的概念、对旧的概念加以提炼并且发现它们之间新的规律性关系,科学知识得以持续地增长。从库恩特有的观点看,归纳主义的这种观点是错误的,因为它无视范式在指导观察和实验方面的作用。正是由于那些范式对在它们的框架之中所从事的科学有着这样一种普遍而深入的影响,因而,一种范式被另一种范式取代必然是一种革命性的活动。

在库恩的说明中所提出的另一种功能也值得一提。正如上面所论及的那样,库恩的范式并没有精确到可以用一组明晰的规则来代替的程度。不同的科学家或科学家群体完全有可能以某种略有不同的方式对范式进行解释和应用。面对相同的情况,并非所有科学家都将作出同样的决定或采取同样的策略。这样有一个好处,即人们所尝试的策略的数量将会有许多。这样风险就由科学

共同体分担了,而一些长期成功的机会也增加了。库恩(1970c,第241页)问道:“若非如此,作为一个整体的群体怎么能够两面赌,以确保万无一失呢?”

6. 库恩科学观的优点

库恩关于科学工作包含在某一框架内解决问题的思想,从描述上讲肯定是对的,也就是说,基本上是没有疑问的。在一个学科内,如果像波普尔“猜想和反驳”的方法所表征的那样,不断地对基本原则提出质疑,那么,该学科就不可能取得重大进步,原因很简单,那些原则没有足够长的不受到挑战的时间使专门的工作得以完成。我们完全可以把爱因斯坦描绘成一个英雄:他凭借他所具有的创造性和勇气对物理学的一些基本原则进行挑战,取得了重大进展;但是我们不应忽视这一事实:正是经过在牛顿范式
120 框架内 200 年的逐一的具体工作,以及在电磁学理论内 100 年的工作,才揭示出爱因斯坦将会认识到并且用他的相对论来解决的问题。对基本原则进行持续的批判,最恰当地说,是哲学而非科学所具有的特征。

如果在阐明从什么意义上说占星术有别于科学方面,我们把库恩和波普尔各自的尝试加以比较,那么,正像黛博拉·迈约(1996,第2章)业已令人信服地证明的那样,库恩的说明更具有说服力。从波普尔的观点看,占星术之所以可以被断定为是非科学,或者是因为它是不可否证的,或者是因为它是可否证的并且已被证明是错误的。第一个理由是不成立的,因为正如库恩(1970b)指

出的那样,甚至在文艺复兴时期,当占星学家认真地从事占星术实践时,他们确实作出了一些可否证的预见,而且这些预见也的确常常被否证。但我们不能将这后一个事实当作是可以把占星术排除在科学之外的充分理由,以免基于类似的理由把物理学、化学和生物学也排除在外,因为我们已经看到,所有科学都有各自表现为有疑问的观察结果或实验结果的问题。库恩的回答是指出,比如说天文学与占星术之间的差异在于,天文学家可以从预见的失败中学习,而占星学家则不是这样。天文学家可以改善他们的仪器,对可能的扰动进行检验,假设存在着尚未发现的行星或者月球不是一个平滑的球体,等等,然后完成逐一的具体工作,以便来看看这些变化是否能够消除失败的预见所提出的问题。与之相反,占星学家没有以同样的方式从错误中学习的资源。可以把天文学家有而占星学家没有的这些“资源”,解释为能够维持常态科学传统的共有的范式。因此,库恩的“常态科学”可以用来确定科学的一个至关重要的要素。

库恩说明的补充部分,亦即“科学革命”,似乎也具有相当的价值。库恩使用革命的概念来强调科学发展的非积累性。科学的 121 长期进步,并非只包含被确证的事实和定律的积累,有时候也涉及一种范式被推翻并且被一个不相容的新范式取代。当然,库恩并不是第一个提出这种论点的人。正如我们已经看到的那样,波普尔本人曾强调,科学进步包含对理论的决定性破坏以及它们被其他理论取代。然而,对于波普尔来说,一个理论被另一个理论取代,只不过就是一组主张被另一组不同的主张替代,但从库恩的观点来看,一场科学革命不仅只限于此。一场革命不仅涉及一

般定律的变化，也涉及看待世界的方式的变化，还涉及在那些评价理论时所持有的标准的变化。我们业已看到，亚里士多德理论假设了一个有限的宇宙，在这样的一个系统中，每一个物体都有其自然的位置和功能，这是区分天上之物与地上之物的一个重要的细节。在那样的图式内，对宇宙中各种物体的功能的参照，是一种合理的解释模式（例如，石头总会落到地面到达它们的自然位置，并且会使宇宙恢复其理想的秩序）。经过了 17 世纪的科学革命后，宇宙变成了无限的宇宙，在其中，每一个物体都在受规律支配的力的作用下相互吸引。所有解释都诉诸这些力和定律。就经验证据在亚里士多德理论（或范式）和牛顿理论（或范式）中都起着某种作用而言，在前者中，无需借助外力且在最适宜的条件下活动的感官的证据被认为是基础性的，但在后者中，通过仪器和实验获得的证据是基础性的，而且这样的证据往往比直接借助感官更受青睐。

从描述事实方面讲，库恩指出这一点无疑是正确的，即存在着像科学革命这样的事物，这些革命所包含的变化的范围，不仅涉及
122 所提出的主张，而且也涉及人们假定的那类构成世界的实体，以及那类据信是适当之解释的证据和模式。此外，如果这一点得到承认，那么，对科学进步的任何适当的说明，都必须包含对怎样把在革命过程中所引起的变化解释为进步的说明。的确，我们可以利用库恩对科学的表征并以一种特别敏锐的方式提出这个问题。库恩坚持认为，什么可以算作问题是因范式而异的，而且，关于所提出来的解决问题之方案的适当性的标准，也是随着范式的不同而有所变化的。但是，如果确实是这种情况，即标准会因范式而异，

那么,为了判断一个范式比它所取代的范式更好、从而构成了一种超越被取代范式的进步,能够依据的标准又是什么呢?更确切地说,在什么意义上可以说科学通过革命而进步?

7. 库恩对通过革命而进步的矛盾心理

众所周知,库恩对我们提出的这个基本问题是含糊其辞的,他自己的研究使这种暧昧的态度显得非常突出。在《科学革命的结构》出版以后,有人指责库恩提倡一种“相对主义的”科学进步观。我认为,这种指责的意思是,库恩提出了这样一种对进步的说明,按照该说明,一个范式是否比它挑战的另一个范式更优越这个问题,没有一个确定的和中立的答案,它要依作出判断的个人、群体或文化等等的价值观而定。库恩显然对这种指责感到不舒服,而且在其著作的第二版所增加的《后记》中,他试图使自己远离相对主义。他写道(1970a,第206页):“后来的科学理论常常处在一种截然不同的应用环境中,它们比以前的理论有更强的解难题的能力。这并不是一种相对主义的立场,在它所展示的意义上,我是一个科学进步的坚定的信仰者。”这一标准是有疑问的,因为库恩本人强调,什么可算作一个难题和什么可算作对它的解答是依赖范 123
式而定的,而且,库恩(1970a,第154页)在其他地方还提供了不同的标准如“简洁性、范围和与其他专业的兼容”。更大的问题在于非相对主义关于进步的主张与库恩著作中许多段落的论述相冲突,这些论述被解读为是明确地在倡导相对主义的立场,甚至被解读为是根本否认存在一种有关科学进步的合理标准。

库恩把科学革命比作格式塔转换，比作宗教上的改宗，并且比作政治革命。库恩使用这些类比是想强调，一个科学家的忠诚从一种范式转向另一种范式这一变化的程度，是无法通过诉诸普遍认可的标准用合理的论证阐述清楚的。在本书第 5 页*中，那幅图由从上方看的楼梯变成从下方看的楼梯的变化方式，就是一个适当的格式塔转换的例子，但用它来强调的恰恰是非理性选择的转化程度，宗教中的改宗可以被典型地看作是一种与之类似的转变。就与政治革命相类比而言，库恩(1970a, 第 93—94 页)坚持认为，革命的“目的是，要以现有政治制度本身所不允许的方式改这些变制度”，因而“政治解决方案必然会失败”。以此类推，“在相互竞争的范式之间进行选择，就等于在不相容的社会生活方式之间进行选择”，因而没有一种论证能够“在逻辑上甚至在概率上令人非信不可”。库恩强调(1970a, 第 238 页)，我们发现科学的本质的方式“实质上是社会学的”，而且是通过“通过考察科学团体的本质，弄清楚它重视什么、容忍什么和蔑视什么”来实现的，但如果发现不同的群体重视、容忍和蔑视的东西有所不同，这种强调也会导致相对主义。的确，当前流行的科学社会学的支持者通常就是这样解释库恩的，他们把他的观点发展成了毫不掩饰的相对主义。

124 按照我的观点，从补充了一个《后记》的库恩著作的第二版来看，他关于科学进步的说明包含了两种互不相容的立场，一种是相对主义的，另一种不是。这就导致了两种可能性。第一种可能性

* 指原文页码，亦即中译本的第 19 页。——译者

是,遵循前一段所提到的社会学家所采取的方式,接受和发展库恩思想中的相对主义立场,这种立场除了其他方面外,还包括对科学的社会学研究,库恩曾间接提到过这种需要,但从未对它作出过反应。第二种可能性将不理睬相对主义,并且以一种与科学进步的总体意义相容的方式改写库恩的思想。这种抉择将需要回答这样一个问题:在什么意义上可以说一个范式超越了它所取代的范式因而构成了进步。我希望在本书结束时读者将很清楚,哪一种观点是我认为最富有成果的。

8. 客观知识

“相互竞争的范式之间的转变……要么必须立即整个地变(虽然不一定在瞬间完成),要么就根本不变。”我并不是唯一一个发现库恩的著作(1970a,第150页)中的这个句子令人费解的人。一个范式如何能够立即整个地变,但又不一定在瞬间完成?我不认为,找出这个有问题的句子中所包含的混乱的根源有什么困难。一方面,库恩认识到一场科学革命由于涉及许多理论工作和实验工作,因而要延续很长一段时期。库恩本人对哥白尼革命的经典研究(1959)证明,所需做的工作历时达数个世纪。另一方面,库恩把范式转化与格式塔转换或宗教上的改宗加以比较,使得范式转化思想有了即刻的意味,即这种转化是“立即整个地”发生的。我认为,在这里,库恩事实上把两种知识混淆了,讲清楚这种差别是很重要的也很有益处的。

如果我说:“我知道我在这段话中所写的那些资料而你不知 125

道”，我是指我所熟悉并且保存在我的心中或头脑中的知识，而这种知识是你不熟悉并且也没有保存在你的心中或头脑中的。我知道牛顿第一运动定律，但我不知道怎样从生物学上对小龙虾进行分类。这又是一个有关我的心中或头脑中保存了什么问题。这些主张，如麦克斯韦没有认识到他的电磁学理论预见了无线电波，以及爱因斯坦知道迈克耳逊－莫雷实验的结果，都涉及同样的在“知道”的意义上使用“know”的问题。知识是一种心灵状态。从这种用法也涉及个人的心灵状态的意义上说，与该用法密切相关的是这个问题：一个人是否或在什么程度上接受或相信某一主张或一组主张。我认为伽利略利为其望远镜使用的有效性提出了令人信服的论据，但费耶阿本德却不这么认为。路德维希·玻尔兹曼(Ludwig Boltzmann)接受了气体动力学理论，但他的同胞恩斯特·马赫(Ernst Mach)却不接受。所有这些谈论知识和关于知识的主张的方式都关系到个人的心灵状态或态度。这是一种通常而且非常合理的谈论方式。由于找不到一个更恰当的词，我想把这里所谈论的知识称之为主观意义上的知识。我想把它与另一种不同的用法亦即我称之为客观意义上的知识区分开。

“我的猫住在一个没有动物居住的屋子里”这个语句的性质是矛盾的，而“我有一只猫”和“一只几内亚猪今天死了”等语句，则具有“今天我的白猫把某人的几内亚宠物猪杀死了”这一陈述的推论的性质。在这些例子中，这些语句具有我赋予它们的性质这一事实，从某种通常的意义上讲，似乎是明显的，但并非必然如此。例如，在一个谋杀案的审讯中，一个律师也许可能在经过了艰苦的分析之后发现，从一个证人报告的事实中得出的结论，与从第二个证

人报告的事实中得出的那些结论相抵触。如果确实如此,那么问题就在于所说的这些证人是否知道这一点或是否相信这一点。此外,如果这个律师没有发现这种矛盾,它也可能一直不为人所知,因而没有人曾经认识到这种矛盾。然而,问题依然存在:这些陈述 126 是不一致的。命题可能具有这样的特性,即它们与个人所知道的是有所不同的。它们具有客观的属性。

在本书第一章中,我们已经遇到了区分主观知识与客观知识的一个例子。我所区分的一方是个人的知觉经验和他们可能认为自己所获得的结果,另一方是他们或许为之吸引从而予以支持的观察命题。我强调,对于后者是可以公开进行检验和争论的,而这对于前者来说不可能的。

一个知识体系在其发展的某个阶段所具有的命题困惑,类似地也具有个人以该知识体系为据进行工作但不一定知道它的特性。构成现代物理学的理论结构是异常复杂的,以至于显然,无法把它看作是与任何一个物理学家或物理学家群体的信念等同的。许多科学家凭借他们个人的才能、用他们各自的方式对物理学的成长和阐述做出了贡献,就像许多工人为建造一座大教堂把他们的努力结合在一起一样。正如对于在地基附近进行挖掘的工人的不祥发现,一个快乐的高空作业工人可能很有福气地一无所知那样,许多理论家可能也不知道某些实验发现与某一理论的相关性,而他或她正是以该理论为据进行工作的。无论在哪个事例中,结构的各部分之间的客观联系是存在的,这种存在并不依赖于个人是否知道这种联系。

从科学中,很容易找出一些说明这一论点的历史事例。常常

会有这种情况，即某一理论未预料到的结果，例如实验预见或与另一理论的冲突，被后来的研究发现了。因而泊松能够发现并证明菲涅尔的光学理论的这一推论：当对不透明的圆盘进行适当的照明时，就会在暗的一侧的中心看到光斑，这是一个菲涅尔不知道的推论。菲涅尔理论与它所挑战的牛顿光的粒子说之间的各种冲突也被发现了。例如，前者预言，光在空气中应当比在水中传播得快，而后的预见正相反。

通过讨论命题的客观性，尤其是有关理论断言和观察断言的命题的客观性，我已经说明了，在一种意义上可以把知识解释为客观的。但并非只有这些命题是客观的。实验设置和程序、方法论规则以及数学体系等，从它们有别于保存在个人心灵中的事物的意义上讲，也是客观的。个人可以面对它们，而且可以利用它们并对它们进行修改和批评。一个作为个体的科学家将面临这样一种客观的局面——一组理论、实验结果、仪器和技术、论证模式以及诸如此类的东西，而这些，正是该科学家为改变和改善这种局面必须利用的东西。

我并不打算使我所使用的“客观的”一词等同于“可评价的”。按照我的用法，那些不一致的或解释能力很差的理论也可以是客观的。的确，它们在客观上具有不一致或解释能力很差的性质。尽管我对“客观的”一词的用法基本上可以说源自于并且忠实地遵循了卡尔·波普尔的用法（尤请参见他 1979 年版的著作，第 3 和第 4 章），但我不希望跟着他卷入这些客观性之存在的精确意义是什么这一棘手的问题之中。相对于物理对象具有的属性而言，命题并不具有这种意义的属性，而且，要清楚地说明这些语言对象以及

其他社会建构物如方法论规则和数学系统,是一项很棘手的哲学事业。我宁愿在常识层次上阐述我的论点,使用我已经使用过的那些例子。对于我要达到的目的来说,这已经足够了。

库恩关于范式的大部分论述完全适合我所引入的二分法中客观的一方。他关于在一个范式中解难题的传统的论述,关于范式 128 所遇到的反常的论述,以及关于范式以不同方式包含着不同标准和不同形而上学假设的论述,都是恰当的例子。接受这种论述模式并用它来阐明关于在什么意义上可以说一个范式是对它的竞争者的改进这一基本问题,用库恩的话来说是相当有意义的。这是一个关于范式之间的客观关系的问题。

不过,在库恩的书中还有另一种论述模式,它适合我的二分法中主观的一方。这包括他关于格式塔转换等诸如此类的论述。像库恩那样依据格式塔转换来论述一个范式转化为另一种范式,会给人留下这样的印象:转换双方的观点是不可比较的。从一个范式到另一个范式的转化,被等同于当一个科学家把他或她的忠诚从一个范式转向另一个范式时,其心灵或头脑中发生的变化。正是这种认同导致了本节开始时所引述的库恩的那句话中所包含的混乱。如果像库恩似乎关心的那样,我们所关心的是科学的本质以及在什么意义上可以说科学会进步,那么我的建议就是,应当把所有关于格式塔转换和改宗的论述从库恩的说明中移走,并且我们应该坚持对范式以及它们之间的关系的客观表征。在许多时候库恩的确是这么做的,他的历史研究对于阐明科学的本质而言是一个重要的资料宝库。

从什么意义上可以说一个在历史上存在的范式比它所取代的

竞争对手更优越这个问题，与下述问题是不同的，即科学家个人以什么方式或出于什么原因把他们的忠诚从一种范式转向了另一种范式，或者他们以什么方式或出于什么原因最终在某一或另一范式框架内工作。科学家个人在自己的工作中出于各种原因作出判断和选择，并且往往受到主观因素的影响，这个事实是一个问题。而一个范式与另一个范式之间从事后认识来看有着极为明显的利益关系，则是另外一个问题。如果要确定科学在某种不同的意义上进步，那么，提供答案的将是后一种思考。正是由于这个原因，我不满意库恩在其 1977 年版的著作(第 13 章)中，把注意力集中在“价值判断和理论选择”上，以此来反击对他的相对主义的指责。

9. 补充读物

当然，最重要的原始资料是库恩的《科学革命的结构》(1970a)。在《发现的逻辑还是研究的心理学》(“Logic of Discovery or Psychology of Research”, 1970b)中，库恩讨论了他的观点与波普尔的观点之间的关系，并且在《对批评者的答复》(“Reflection on My Critics”, 1970c)中对他的一些批评者进行了回应。库恩 1977 年版的文集是非常有价值的。霍伊宁根-许奈(Hoyningen-Huene)在其著作(1993)中对库恩的科学哲学进行了详细的论述，该书还有详细的库恩著作的文献目录。在拉卡托斯和马斯格雷夫主编的文集(1970)中，有不少库恩与他的一些批评者交换意见的文章。若想了解社会学家对库恩的评价，请参见例如布鲁尔的论文(1971)和

巴恩斯的著作(1982)。N. 内尔塞希安(N. Nersessian)在其著作(1984)中有关科学中意义的构造的说明,例证了本章第1节所概括的观点。

第九章 作为结构的理论(二): 研究纲领

1. 拉卡托斯简介

伊姆雷·拉卡托斯是匈牙利人,他于20世纪50年代后期移居英国,并且受到卡尔·波普尔的影响,用拉卡托斯的话说,波普尔“改变了[他的]生活”[约翰·沃勒尔(John Worrall)和G.柯里(G. Currie)主编的文集(1978a,第139页)]。尽管拉卡托斯是波普尔的科学观的热心支持者;但他最终认识到波普尔的否认主义所遇到的困难,关于这些困难我们已经在本书第七章中考察过了。在20世纪60年代中叶,拉卡托斯了解到了库恩的《科学革命的结构》中所包含的另一种科学观。尽管波普尔和库恩提出了相互竞争的科学观,但他们的观点有许多相同之处。尤其是,他们都坚持一种反对实证主义和归纳主义的科学观的立场。他们都把理论(或范式)当作比观察重要的问题,并且强调,对观察和实验结果的寻求、解释、接受或拒绝,都是在某一种理论或范式的背景下进行的。拉卡托斯延续了这种传统,并且寻找某种修改波普尔的否认主义并摆脱其困境的方法,他在吸收库恩洞见的同时,完全拒绝了库恩观点

中的相对主义部分。像库恩一样,拉卡托斯也看到,把科学活动描述为是在某一框架中进行的这种方法,具有一定价值,而且他创造了“研究纲领(research program)”这个短语,把它用来作为在某种意义上代替库恩范式的拉卡托斯理论的名称。说明拉卡托斯方法论的原始资料是他 1970 年的论文。

2. 拉卡托斯的研究纲领

131

我们在本书第七章已经看到,波普尔的否证主义遇到的主要困难之一是,对于理论迷宫的哪部分应当因显见的否证而受到指责,它未能提供明晰的指导。科学家个人也许希望针对某个部分提出指责,如果把他或她的这种指责当作是科学家个人一时兴致的结果,那么就很难理解:成熟的科学怎么能以它们看起来那样协调的和有凝聚力的方式进步。拉卡托斯的回答是,科学的所有部分并非是等同的。有些定律或原理是比其他部分更基本的。的确,有些定律或原理是非常基础性的,以至于它们似乎可以界定科学的本质。由于这个原因,不应因任何明显的失败而责备它们。相反,应受指责的是那些不太基础的部分。可以把一门科学看作是对基本原理的结论有计划的拓展。科学家可以按照他们认为适宜的方式修改更具辅助特点的假设,以此来尝试解决问题。无论他们修补辅助性假设的尝试可能有什么不同,就他们的努力取得了成功而言,他们都将为同一研究纲领的发展作出贡献。

拉卡托斯把基本原理称之为一个研究纲领的硬核(*hard core*)。硬核最重要的特点是,它界定了一个纲领的特征。硬核表

现为一些非常一般性的假说,这些假说形成了纲领发展的基础。这里有一些实例。哥白尼天文学纲领的硬核是这一假设:地球和行星在围绕静止的太阳的轨道上运动,而且地球每天围绕它的地轴自转一周。牛顿物理学的硬核是由牛顿运动三定律再加上他的万有引力定律构成的。马克思历史唯物主义的硬核可能是这样一种假设,即社会的主要变化可以依据归根结底由经济基础决定的阶级斗争、阶级的本质以及斗争的具体情况来解释。

132 一个纲领的基本原则需要用一系列补充假设来论证,以便使它充实到可以作出明确的预见的程度。构成一个纲领的不仅有明晰的补充硬核的假设和定律,而且还有一些初始条件所依据的假设,这些初始条件是用来详细说明一些特定情况和理论的,它们是观察命题和实验结果的前提。例如,哥白尼纲领的硬核需要通过在其最初的圆形轨道上增添许多本轮加以补充,而且还必须改变以前对地球与恒星间距离的估计。以前,这个纲领中也包含着有关可用肉眼揭示恒星和行星的位置、大小和亮度等的正确信息的假设。在一个明确表述的纲领与观察结果之间的任何不一致,都会归因于补充性假设而不会归因于硬核。拉卡托斯把补充硬核的附加假说的总体称之为保护带(*protective belt*),以强调其保护硬核免遭否证的作用。按照拉卡托斯(1970,第133页)的观点,硬核由于“它的倡导者的方法论决策”而呈现出不可否证的特点。与之形成对照的是,在提高纲领的预见与观察和实验结果之间的一致程度的尝试中,保护带中的假设将会被修改。例如,通过用椭圆轨道替换哥白尼的数组本轮,并以用望远镜观察的事实替换用肉眼观察的事实,哥白尼纲领中的保护带就得到了修改。通过改变对地

球与恒星间距离的估计并且补充一些新的行星,初始条件最终也被修改了。拉卡托斯充分利用“助发现法(*heuristic*)”这个术语来表征纲领。一个助发现法是一组有助于发现或发明的规则或线索。例如,解决纵横字谜的助发现法的一部分也许就是“从找出回答短词所需要的线索开始,然后找出回答长词所需要的线索”。拉卡托斯把指导研究纲领中的工作的方针分为反面助发现法(*negative heuristic*)和正面助发现法(*positive heuristic*)。反面助发现法明确说明将建议科学家不要做什么。正如我们业已看到的那样,科学家得到的建议是不要修补他们在其框架中工作的纲领的硬核。如果科学家实际上要修改硬核,那么他或她事实上就选择了要离开这个纲领。当第谷·布拉赫指出,只是行星而非地球在围绕太阳的轨道上运动,并且太阳在围绕地球的轨道上运动,这时,他就选择了离开哥白尼纲领。

133

一个纲领的正面助发现法将明确说明一个科学家在一个纲领的框架中应当做什么,而不是说明他不应该做什么,正面助发现法比反面助发现法更难明确地表征。正面助发现法将对以下活动提供指导:如怎样补充硬核,以及如何修改所产生的保护带以便使一个纲领能够作出对可观察现象的解释和预见。用拉卡托斯自己的话(1970,第135页)来说:“正面助发现法由一组部分明确表述的提示或暗示组成,它们提示或暗示如何改变和发展研究纲领的‘可反驳的变种’,如何修改和精练‘可反驳的’保护带。”研究纲领的发展不仅将包括增加一些适宜的辅助性假说,而且还包括发展适当的实验技术和数学方法。例如,显而易见,从哥白尼纲领开创时起,组合和利用本轮的数学方法以及改进的观察行星位置的技术

就是必不可少的。拉卡托斯借用了牛顿早期发展其万有引力的经历来说明正面助发现法的观念。在这里,正面助发现法包括这样一种思想,即人们应当从简单的理想化的事例开始,进而,在掌握了它们以后,就应当转向一些更复杂和更现实的事例。牛顿最初是通过考虑一个点状行星围绕一个静止的点状太阳的椭圆运动,得出引力的平方反比律的。显然,如果在实践中把这个纲领应用于行星运动,那么就必须从这种理想化的形式发展到一种更为现实的134 形式。不过,这样的发展涉及要解决一些理论问题,而且不经过相当可观的理论工作是无法完成的。牛顿本人面对一个确定的纲领,也就是说,在他的正面助发现法指导下,取得了重大进展。他首先考虑了这样一个事实:太阳和行星都在它们相互的引力的影响下运动。然后,他又考虑了行星的有限规模并把它们当作球体。在解决了那种运动所提出的数学问题以后,牛顿进而又思考了其他一些复杂的情况,包括行星能够自转的可能性引起的复杂情况,以及行星与行星之间和每个行星与太阳之间存在着万有引力这个事实。当牛顿在这个纲领中沿着一条从一开始就显示出或多或少具有必然性的道路走了这么远之后,他就开始关心他的理论与观察之间的一致。当他发现缺少一致性时,他能够继续考虑非球形的行星。正如正面助发现法包含理论纲领一样,它也包含实验纲领。这种实验纲领包括发展更精确的望远镜以及它们在天文学中的应用所必需的辅助性理论,如那些为思考光在地球大气层中的折射提供适当的方法的假说。对牛顿纲领最初的系统阐述,已经显示出了一种愿望,即制造一种灵敏得足以在实验室范围内探测万有引力(卡文迪什实验)的设备。

以牛顿运动定律和他的万有引力定律为核心的纲领提供了强有力的助发现指导。也就是说,从一开始,一个非常明确的纲领就制定出来了。拉卡托斯(1970,第140—155页)对玻尔的原子理论的发展进行了说明,以此作为正面助发现法发挥作用的另一个例子。拉卡托斯强调,这些发展研究纲领的例子的一种重要特点是,观察检验是在相对较晚的阶段才变得有重要意义的。这一点与本书第八章第1节有关伽利略创建其力学的评论是一致的。在一个研究纲领中的早期工作,被描述为是在不考虑观察所提出的显见
135
否认或者对它置之不理的情况下进行的。必须给研究纲领提供机会以实现其全部潜力。必须构造一个适度精致和适当的保护带。在我们关于哥白尼纲领的例子中,这个过程包括发展一种适当的能够适应地球运动的力学,以及一种适当的有助于解释用望远镜观察的事实的光学。当一个纲领发展到适于接受实验检验的阶段时,按照拉卡托斯的观点,具有极为重要的是确证而不是否认。一个纲领的价值的大小,是通过它所导致的新颖预见被确证的程度显示出来的。当加勒第一次观察到所预见的海王星和返回的哈雷彗星时,牛顿的纲领就经历了这种戏剧性的确证。而失败的预见,例如牛顿早期关于月球轨道的计算结果,只不过表明为了补充或修改保护带还需要做更多的工作。

一个研究纲领的价值的主要指标,就是它所导致的新颖预见被确证的程度。第二个指标隐含在我们上述的讨论中了,这就是,一个研究纲领应当确实提供一种研究的纲领。正面助发现法应当前后非常一致,足以能通过制定一种纲领来为未来的研究提供指导。拉卡托斯认为,作为纲领,马克思主义和弗洛伊德心理学符合

纲领价值的第二个指标但不符合第一个指标,当代社会学符合第一个指标却不符合第二个指标(可是,他并没有为这些评论提供任何详细说明予以支持)。无论如何,一个进步的(*progressive*)研究纲领,将是一个保持前后一致性并且至少是间歇地导致被确证的新颖预见的纲领,一个退步的(*degenerating*)研究纲领,将是一个失去了其前后一致性并且/或者不能导致被确证的新颖预见的纲领。拉卡托斯的科学革命观就是,一个进步的研究纲领将取代一个退步的研究纲领。

3. 研究纲领中的方法论及研究纲领的比较

我们需要从在某一研究纲领内的工作环境和一个研究纲领与另一个纲领冲突的环境着眼,讨论拉卡托斯的科学研究纲领方法论。在某个单一的研究纲领中的工作,包括通过增加和阐明各种假说来扩展和修改它的保护带。任何这样的步骤,只要不是在本书第六章所讨论的特设意义上的步骤,都是允许的。对一个研究纲领的保护带的修改或扩增必须是可独立检验的。倘若科学家个人或科学家群体以他们所选择的任何方式对保护带的修改或扩展,有可能为新的检验提供机会并且因而为新的发现创造出可能性,那么,他们就应该对这种步骤持开放态度。为了说明,我们从牛顿纲领发展的历史中选取一个我们在前面业已利用过多次的例子,亦即考虑一下勒威耶和亚当斯在致力于解决令人困惑的天王星轨道的问题时所面临的情况。那些科学家选择了修改这个纲领的保护带,他们提出,初始条件是不恰当的,而且指出,在天王星附

近有一颗尚未被确认的行星干扰了天王星的轨道。他们的步骤是与拉卡托斯的方法论相一致的,因为这个步骤是可检验的。可以通过把望远镜对准天空的适当区域,发现所猜测的这颗行星。但是,按照拉卡托斯的观点,其他可能的反应也是合理的。例如,可以把这种异常的轨道归咎于望远镜的某种新型的失常,只要在提出这种意见时,使对这种失常的存在的检验成为可能即可。从某种意义上说,解决一个问题的步骤的可检验性越高就越好,就像这里的这个步骤那样,因为这个步骤会增加成功的机会(在这里,成功就意味着对从某个步骤中产生的新颖预见的确证)。拉卡托斯方法论排除了特设性步骤。因此,在我们的例子中,如果简单地把天王星的这种复杂的轨道归因于它的自然运动,以此来解释它的轨道的异常现象,那么,这样的尝试是应该排除的。这样的尝试不可能导致新的检验,因而也就不会带来新发现的前景。 137

按照拉卡托斯的方法论,第二类应当排除的是涉及与硬核有某种偏离的步骤。采取这样的步骤会破坏一个纲领的前后一致性,这就等于是选择离开这个纲领。例如,一个科学家指出天王星与太阳之间的引力是某种不遵循平方反比律的力,从而试图以这种方式处理天王星轨道异常的问题,这种做法恐怕就是选择要离开牛顿的研究纲领。

一个复杂的理论困惑的任何一部分都可能是造成显见否认的原因这一事实,对依赖猜想与反驳这种不适当的方法的否认主义者提出了一个严峻的问题。对于否认主义者来说,由于在找出麻烦的根源方面无能为力会导致失去条理的混乱。拉卡托斯的方法论旨在避免这种结局。不受侵犯的纲领的硬核以及作为其补充的

正面助发现法,使秩序得以维持。在那个框架中,如果富有创造性的猜想所导致的一些预见时不时地被证明是成功的,那么这些猜想的增加将导致进步。关于保留还是拒绝一个假说的决定,在相当程度上直接取决于实验检验的结果。在一个研究纲领中,相对而言,观察对于一个正在接受检验的假说的影响是没有什么问题的,因为硬核和正面助发现法都可用来确定一种相当稳定的观察语言。

正如前面所论及的那样,拉卡托斯式的库恩革命观包括用一种纲领替代另一种纲领。我们已经看到库恩(1970,第94页)无法明确地回答在什么意义上可以说一个范式比它所取代的范式更优越这个问题,因而使他没有别的选择,只能诉诸科学共同体的权威。后来的范式之所以比它们的前任优越,是因为科学共同体判断它们是如此,而且“不存在比相关共同体的断言更高的标准”。拉卡托斯不满意库恩理论中的这种相对主义的结论。他寻找了一种存在于特定的范式以外的标准,或者就拉卡托斯的理论而言,一种存在于纲领以外的标准,这种标准可用来确定非相对主义意义的科学进步。就他所理解的这种标准而言,该标准存在于他关于进步的和退步的研究纲领的构想之中。进步包含着用进步的研究纲领取代退步的研究纲领,而且,从进步的研究纲领已被证明是对新现象更有效的预见者这一意义上讲,它是对退步的研究纲领的改进。

4. 新颖的预见

拉卡托斯所提出的非相对主义的进步标准,在相当程度上依赖于新颖预见的概念。一个研究纲领只要能比另一个研究纲领更成功地预见新现象,它就是一个更优越的纲领。正如拉卡托斯最终认识到的那样,新颖预见的概念并非像它乍看上去那样明了,因此必须关注,怎样才能把它塑造成这样一种形式,以便使它能在拉卡托斯方法论中,或在任何寻求使对它的利用产生显著效果的方法论中,满足需要它满足的目的。

我们已经在波普尔方法论的背景下接触过新颖预见。在那个背景下,我指出,波普尔观点的本质是认为,在某个特定时期,就一个预见没有包括在那时人们所熟悉并被普遍认可的知识之中而言,或者就它与这种知识有冲突而言,它是新颖的。对波普尔来说,用一个理论的新预见来检验它,就相当于对该理论的严厉检验,因为预见与普遍的预期相抵触。拉卡托斯在某种与波普尔相似的意义上使用了新颖预见的概念,试图借此帮助他表征一个研究纲领的进步特性,但正如他最终认识到的那样,这种做法不起作用,这一点可以用一些非常直接的反例来证明,这些反例恰恰来自于拉卡托斯大量用来说明他的观点的那些纲领。这些反例包括,一个研究纲领的价值状况是由它解释现象的能力决定的,这些现象在当时已被完全证实并且已被人们完全熟悉了,因而从波普尔的意义上讲它们不是新现象。 139

自古代时起,人们就已经非常熟悉了行星运动的某些性质,但

只是在哥白尼理论出现以后,对这些性质才有了恰当的解释。这些性质包括行星的逆行,行星在逆行时看起来最亮这个事实,以及金星和水星看起来总是距太阳不远这个事实。一旦假设地球和行星一道在围绕太阳的轨道上运动,并且水星和金星的轨道在地球轨道的内侧,就可以直接理解这些现象的性质,而在托勒密理论中,对这些现象只能通过增加旨在用作详细说明的本轮来解释。拉卡托斯和哥白尼,以及我猜想我们中的大多数人,都认为这就是哥白尼体系比托勒密体系优越的一个重要标志。然而,哥白尼对行星运动的一般性质的预见,从我们界定的意义上不能算作新颖的,其直接的原因就在于,自古代以来人们就已经非常熟悉那些现象了。依据从我们所讨论的可算是一个新颖预见的意义上看,对恒星视差的观察也许是对哥白尼理论的第一个确证,但它与拉卡托斯的宗旨根本不相符,因为它是在 19 世纪才出现的,而这时科学界早已承认哥白尼比托勒密有优势了。

还可以很容易地找出其他例证。在少数可以用来支持爱因斯
140 坦广义相对论的观察结果中,有一个是水星轨道近日点的岁差,这是一种早在爱因斯坦解释它以前就已经为人所知的现象。量子力学给人留下最深刻印象的特点之一,就是它有能力解释从气体中发出的光的光谱,这种可以用量子力学解释解释的现象,在量子力学出现以前半个多世纪就已经被实验者熟知了。可以把这些成功描述为包含了对现象的新颖预见而不是对新现象的预见。

拉卡托斯最终认识到,根据 E. 扎哈尔[E. Zahar (1973)]所提出的理由来看,他原来对科学研究纲领方法论的阐述中有关新颖预见的说明需要修改。毕竟,当断言在什么程度上某些可观察的

现象支持一个理论或一个纲领时,无论先出现的是关于现象的理论还是知识,这肯定都是一个没有什么哲学实质意义的历史上的偶然事实。爱因斯坦的相对论既可以解释水星的轨道也可以解释光线在引力场中的弯曲。这两方面都是支持该理论的重要成就。因此,水星近日点的岁差在爱因斯坦理论形成以前就为人所知,而发现光线的弯曲是在这之后,纯属偶然。但是,如果爱因斯坦理论不是这样,或者,如果这两种现象都在该理论以前为人所知抑或都在它以后才被发现,那么,我们对该理论的断言是否会有什么不同吗?对这些反思的适当回答之具体细节的争论,例如在艾伦·马斯格雷夫的论文(1974b)中和约翰·沃勒尔的论文(1985 和 1989a)中的争论,仍在进行着,不过,需要把握的并且在比较哥白尼与托勒密时发挥作用的直觉,似乎是非常明确的。托勒密对逆行的解释并没有构成对那个纲领的重要支持,因为他是通过增加特意解释所设计的本轮,刻意设法使该纲领与观察事实相适应的。与之形成对照的是,根据哥白尼理论的基本原则,那些可观察现象可以自然地得到解释,而无需任何人为的调节。一个理论或纲领中所包含的预见应该是自然的而非人为设计出来的。在这里,作为这种直觉依据的也许是这一观念:证据支持某一理论,即使该理论不存在,证据中也包含着一些未得到解释的具有一致性的内容。如果哥白尼理论并非在本质上是正确的,它怎么能够成功地预见行星运动的所有可观察的普遍特性?而这一论点对于托勒密对相同现象的解释就不适用。如果托勒密理论是非常错误的,那么,说它由于为了确保解释成功增加了本轮,因此就能解释那些现象,也是矛盾的。这就是沃勒尔(1985,1989)处理这个问题的方式。

有鉴于此,我们应当这样重新系统地阐述拉卡托斯的方法论:就一个纲领作出了自然的而不是新颖的预见且预见得到了确证而言,它是进步的,在这里,“自然的”是与“设计的”或“特设的”正相反的。(我们将在本书第十三章中从一个不同的而且或许是更高的角度重新讨论这个问题。)

5. 根据历史对方法论的检验

拉卡托斯像库恩一样也关心科学史。他认为,理想的是,任何科学理论都能具有科学史意义。也就是说,在某种意义上可以根据科学史对某种科学方法论或科学哲学进行检验。然而,恰如拉卡托斯充分认识到的那样,究竟在什么程度上会是如此,还需要仔细地阐述清楚。如果不分青红皂白地解释说科学哲学需要与科学史相一致,那么,好的科学哲学就将变得与对科学的准确描述毫无二致。真若如此,就将失去把握科学的基本特性或区分好科学与坏科学的立足点。波普尔和拉卡托斯倾向于把库恩的说明看作“仅仅”是描述性的,因而从这种意义上说,它是有缺陷的。波普尔对这个问题的非常谨慎的,与拉卡托斯不同,他否认与科学史的比较是一种合理的证明科学哲学的方法。

我认为,正如在拉卡托斯 1978 年的论文中所描述的那样,他的观点的基本要素就是这些。在科学史中,有些事件毫无疑问具有进步性,而且这些事件可以被看作是先于任何精致的科学哲学的。如果有人想否认伽利略物理学是在亚里士多德物理学上的进步,或者否认爱因斯坦物理学是在牛顿物理学上的进步,那么,他

或她就不是以一种与我们所有人都相同的方式使用科学这个词。若关心怎样最恰当地把科学进行分类的问题,我们就必须具有某种关于科学是什么的前理论的观念以便阐明这个问题,而这种前理论的观念将包括,对诸如伽利略和爱因斯坦等人的重大科学成就那样的经典事例的认识能力。现在,以这些前提条件作为背景,我们就可以要求任何科学哲学或科学方法论都应与它们兼容。也就是说,任何科学哲学都应能够领会,在什么意义上可以说伽利略在天文学和物理学中的成就是重大的进展。这样,如果科学史揭示,在伽利略的天文学中,他改变了被认为是可观察事实的资料,在力学中他主要依赖于思想实验而非实际的实验,那么,这就给某些哲学提出了一个问题,因为这些哲学描述说,科学进步是通过可靠的可观察事实的累积和对事实的谨慎归纳而日积月累地发展的。正如我在上一节已经论述过的那样,由于拉卡托斯本人早期的研究纲领方法论使用了新颖预见的概念,这样就失去了对哥白尼天文学在什么意义上是进步的認識的可能性,因而可能会受到批评。

运用这样的论证模式,并以实证主义和否证主义的方法论都无法理解科学进步中那些经典事件的意义为理由,拉卡托斯进而对两种方法论进行了批判,与之对照的是,他论证说,他自己的说明不会容忍这样的缺陷。然后,当转向科学史中一些较小的事件 143 时,拉卡托斯或某个支持者可以从科学史中选取一些令史学家和哲学家困惑的事件,以此来说明,它们如何从科学研究纲领方法论的角度讲具有完整的意义。例如,许多人为这个事实感到困惑,即当托马斯·扬(Thomas Young)在 19 世纪初提出光的波动说时,支持

者寥寥无几,在20年之后提出的菲涅尔理论却得到了广泛认可。约翰·沃勒尔(1976)对拉卡托斯的观点提供了史学方面的支持,他指出,历史事实是,扬的理论实际并没有以一种自然的而非刻意的方式在实验上得到令人信服的确证,与之相反,菲涅尔的理论却得到了这样的确证,而且菲涅尔借助他所能引入的数学工具,使其波动理论具有了一种有巨大优势的正面助发现法。像C. 豪森(C. Howson)在其主编的文集(1976)中展示的那样,拉卡托斯的许多学生或以前的学生都进行了一些研究,旨在以这类方式支持拉卡托斯的方法论。

拉卡托斯最终认识到,他的方法论的主要价值在于为科学史的写作提供了帮助。史学家必须对一些研究纲领加以鉴别,表征它们的硬核和保护带,为它们的进步或退步的方式提供文献证明。以这种方式,通过比较研究纲领之间的竞争,就可以阐明科学进步的方式。我认为,必须承认,正如在豪森主编的文集(1976)中显示的那样,拉卡托斯和他的信徒们通过这种形式的研究,的确成功地对物理学史上的一些典型事件作出了有益的说明。尽管拉卡托斯的方法论能够对科学史学家提供建议,但拉卡托斯并没有打算使它成为给科学家提供建议的一个来源。这对拉卡托斯来说已成了一个不可避免的结论,尽管他发现了必须修改否认主义才能克服它所面临的问题,情况亦是如此。在面对显见的否认时不应当拒绝理论,因为所提出的这种责难也许针对的是理论以外的某个资
144 料来源,而单一的成功也不能永远证明一个理论的价值。这就是拉卡托斯引入研究纲领的原因,研究纲领有时间得以发展,其中许多纲领在经历了一段后退期后最终还是进步了,或者在经历了早

期的成功后又退步了。(关于这一点,值得回忆的是,哥白尼理论在其最初的成功之后,在伽利略和开普勒的类似理论使它重新获得生命以前,退步了大约一个世纪。)但是,采取了这一步骤之后,显然,从拉卡托斯的方法论中并不能产生即时的建议,以此为据,科学家们必须放弃一种研究纲领,或者更偏向于某一特定的研究纲领而不是它的对手。如果一个科学家认为存在着一些可能使一个退步的研究纲领恢复生机的方法,因而他或她继续在该纲领的框架中工作,这未必是不合理的,也未必一定受到了误导。只有在较长的时期内(亦即,从某种历史的视角来看),把拉卡托斯的方法论用于研究纲领的比较才可能有意义。在这方面,拉卡托斯最终把只能根据历史的后见之明进行的对纲领的评价,与对科学家的建议区分开,他否认他的方法论的目的就是要提供这种建议。“科学中不存在即时的合理性”成了拉卡托斯的一个口号,正是在这个口号所体现的意义上,拉卡托斯认为,可以这样解释:实证主义和否定主义想要提供可用来接受或拒绝理论的标准,就此而言,它们力求的东西太多了。

6. 拉卡托斯方法论的问题

我们业已看到,拉卡托斯认为,依据科学史对方法论进行检验是适当的。因此,甚至用他的话也可以说,对他的方法论在描述方面是否恰当提出质疑是合理的。对此提出怀疑是有一些理由的。例如,在科学史中,是否可以发现诸如“硬核”这样的可用来鉴定研究纲领的东西?科学家有时确实试图通过调整他们在其框架中工

作的理论或纲领的基本原则来解决问题,在这个意义上,反例出现了。例如,哥白尼本人对太阳的位置作了一点儿调整,确定它靠近行星轨道的中心一侧,并且认为月球是围绕地球而非太阳运动的,最终还使用了各种方法来调节本轮运动的局部情况,以便使那些运动摆脱不一致的局面。这样,哥白尼纲领的真正硬核是什么呢?在19世纪,出现了一些认真的尝试,它们试图通过修改引力的平方反比律来应对诸如水星的运动这样的问题。由此可见,从科学史中可以找到与拉卡托斯本人关于硬核的主要例子相反的情况。

更深层的问题涉及的是,在拉卡托斯对科学的说明中扮演着如此重要角色的方法论决策是否具有现实性。例如,就像我们所看到的那样,按照拉卡托斯(1970,第133页)的观点,一个纲领的硬核由于“它的倡导者的方法论决策”而呈现出不可否认的特点。这些决策是历史现实,抑或拉卡托斯想象力的虚构之物?拉卡托斯实际并没有为他所需要的答案提供任何证据,而且,什么研究会提供这样的证据这一点完全不清楚。这是一个对拉卡托斯至关重要的问题,因为方法论决策是他自己的立场与库恩的立场之区别的核心。库恩和拉卡托斯二人都承认,科学家们以一种协同的方式在一个框架内工作。对于库恩,至少从他的一种语气来看,科学家们如何以及为什么这样做的问题,将会由社会学分析来揭示。而在拉卡托斯看来,这导致了一种不可接受的相对主义。因为对于他来说,这种凝聚力是合理的方法论决策导致的。对于这些决策并不具有历史的(或当代的)现实性这种指责,拉卡托斯并未作出答复,对于在什么意义上应该认为这些决策是合理的这个问题,他也没有提供清晰的答案。

对拉卡托斯的另一个根本性批评,直接关系到本书的核心议题,即科学知识的特征(如果有的话)是什么这一问题。至少拉卡托斯的某些言过其实的说法暗示,他的方法论想要对这个问题作出明确的回答。他主张,“科学哲学的中心问题是——阐述在什么样的普遍条件下一个理论是科学的”,这是一个“与科学的合理性密切相关的”问题,而且这个问题的解决“应当为我们在什么时候承认一个科学理论是合理的或不合理的提供指导”(约翰·沃勒尔和 G.柯里主编的文集,1978a,第 168—169 页,黑体为原文所标)。拉卡托斯(1970,第 176 页)把他的方法论描述为是解决这些问题的一个方法,它将“有助于我们把定律设计得可以遏止——思想污染”。“我[拉卡托斯]提供了判断在一个纲领框架内进步和停滞的标准,并提供了‘排除’整个研究纲领的准则”(约翰·沃勒尔和 G.柯里主编的文集,1978a,第 112 页)。显然,从拉卡托斯观点的细节以及他本人对那些细节的评论来看,拉卡托斯的方法论并不能实现这些预期。他并没有提供排除整个研究纲领的准则,因为对一个退步的纲领,怀有它会恢复生机的希望而坚持该纲领是合理的。如果哥白尼理论需要花一个世纪才能获得重要的成果,因而在一个世纪中坚持该理论是科学的,为什么当代马克思主义者(拉卡托斯的靶子之一)努力发展历史唯物主义以便使之获得重要成果就不是科学的呢?当拉卡托斯认识到并且承认,在物理学范围内,他的方法论只能在回顾时借助历史的事后认识作出判断,这时他实际上不情愿地承认,他的方法论根本不能断定任何当代的理论是非科学的“思想污染”。如果不存在“即时的合理性”,那么就不能马上拒绝马克思主义、社会学以及其他拉卡托斯所讨厌的

事物。

拉卡托斯方法论所面临的另一个基本问题,来源于他认为借助科学史研究来支持该方法论的方式是必不可少的。拉卡托斯及其信徒们通过对过去 300 年的物理学史的个案研究,使这种主张成为必然的了。但是,如果这种方法论以这种方式得到支持,然后又应用到其他领域,对例如马克思主义或占星术作出判断,这实际上是未加论证而假设,所有研究领域,如果要被认为是“科学的”,都必须具有物理学的基本特征。这就是保罗·费耶阿本德(1976)批评拉卡托斯的方式。拉卡托斯的方法确实回避了一个重要的疑问,确切地说,它只不过展现了一个问题。至少有许多表面的理由可以说明,为什么人们料想用来判断物理学的某一方法论和某一组标准在其他领域也许是不适用的。人们可以而且常常在受控实验的人为环境下,把一些个别的作用过程如万有引力、电磁力以及基本粒子在碰撞时产生的作用等孤立出来,以此方式进行物理学研究。对于人和社会,一般来说是不能用这种方式来对待的,否则就会损害所要研究的对象。对于以这种方式发挥功能的生命系统而言,存在大量复杂的情况是不可避免的,因此,甚至可以预期,生物学也会展现出某些与物理学不同的重要特性。在社会科学中,生产出来的知识本身就构成了处在研究之中的系统的一个重要组成部分。因此,例如,经济学理论能够影响个人在市场中的活动方式,从而,理论的改变有可能导致被研究的经济体系的某种改变。这种并发现象不适用于物理学。例如,行星并没有根据我们关于它们运动的理论改变其运动。虽然从诸如此类的反思中产生出了一些论证的力量,但情况依然是,拉卡托斯未加证明就假设,所有

科学知识都应当在某种根本的意义上与过去 300 年的物理学类似。

当我们考察拉卡托斯在他去世后发表的《牛顿对科学标准的影响》(“Newton’s Effect on Scientific Standards”, 1976a)中所作的一项研究的含义时,就会发现另一个根本性的问题。在那项研究中,拉卡托斯主张,牛顿实际上导致了一种科学标准的变化,拉卡托斯明确地认为,这种变化是进步的。但拉卡托斯能够提出如此主张这一事实,不大可能取决于他在其他论述中反复重申的这一假设,即对科学的评价必须依照某种“普遍的”标准。如果说牛顿使科学标准变得更完善了,那么人们可以问:“根据什么标准来判断这种变化是进步的?”这个问题与库恩遇到的问题类似。这是一个我们在本书后面将必须面对或消除的问题。

7. 补充读物

拉卡托斯方法论的主要文本是他发表于 1970 年的论文《否证与科学研究纲领方法论》(“Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes”)。大部分其他重要的论文都收入了沃勒尔和柯里主编的文集(1978a 和 1978b)之中。拉卡托斯的《归纳逻辑问题》(*The Problem of Inductive Logic*, 1968)和《对批评者的答复》(“Reply to Critics”, 1971)也是很重要的。拉卡托斯在《证明与反驳》(*Proofs and Refutations*, 1976b)中对把其思想应用于数学的说明是颇有吸引力的。豪森主编的文集(1976)中含有一些旨在用来支持拉卡托斯观点历史个案研究。另一项此类研究是拉卡托斯和

扎哈尔合作的论文(1975)。R. S. 科恩(R. S. Cohen)、费耶阿本德和 M. W. 瓦托夫斯基(M. W. Wartofsky)主编了一本纪念拉卡托斯的文集(1976)。费耶阿本德的论文(1976)是对拉卡托斯方法论的重要批评。马斯格雷夫的论文(1974b)、沃勒尔的两篇论文(1985, 1989a)和迈约的著作(1996)都讨论了新颖预见的概念。B. 拉弗尔(B. Larvor)的《拉卡托斯导论》(*Lakatos: An Introduction*, 1998)对拉卡托斯工作的概括是很精彩的。

第十章 费耶阿本德的无政府主义科学理论

149

1. 到目前为止的情况

我们在寻找那种可用来把科学与其他知识相区分的对科学的表征,但在这方面似乎却遇到了困难。实证主义者对本世纪初叶*有很大影响,他们认为,科学的特别之处就在于它是从事实中推导出来的;我们的讨论正是从他们所采取的这种观念开始的,但是这种尝试难以继续,这不仅是因为,事实是“依赖于理论的”并且是可错的,没有充分明确的事实使他们的观点得以维持,而且还因为,对于理论如何能够从可发现的事实中“推导”出来,没有明晰的说明。否认主义也没有取得更多的进展,这主要是因为,不可能在科学的任何现实情况中都可以找出错误预见的原因,因而,理论如何能够被否认的明确意义,几乎像它们如何能够被确证的明确意义一样,是难以捉摸的。库恩和拉卡托斯试图把注意力放在科学家们在其中工作的理论框架上,以图解决这个问题。然而,对库恩

* 指 20 世纪。——译者

来说,他强调的是在相互竞争的范式框架中工作的人“生活在不同的世界之中”,他非常强调这一点,以至于他没有给自己留下适当的资源来阐明,从什么意义上可以说,在科学革命的过程中从一种范式转向另一种范式的变化是一种进步。拉卡托斯试图避免这种陷阱,但是,姑且不论有关他在回答时随意使用的方法论决策的现实性的问题,他最终关于表征科学的标准如此宽泛,以至于几乎不会把任何智力活动排除在外。有一位科学哲学家保罗·费耶阿本德对这些失败并不感到惊讶,他试图从这些失败中找出他所认为的全部意义,本章将对他的颇有争议但很有影响的“无政府主义的”科学观进行描述和评价。

2. 费耶阿本德反对方法的论点

保罗·费耶阿本德是奥地利人,他的大部分学术生涯都以加利福尼亚州的伯克利为基地,但他也曾有段时间在伦敦与波普尔和拉卡托斯进行互动(并且对他们提出了批评),他于1975年出版了一部著作,题为《反对方法:无政府主义认识论纲要》。在这部书中,他对所有想提供一种对科学方法的说明以便保持科学方法之特殊地位的尝试提出了挑战,他论证说,并不存在这样的方法,而且的确,科学并不具有一些特征可以使得它看起来必然比其他形式的知识优越。费耶阿本德进而宣称,如果存在一种单一的永远不变的科学方法原则,那么,这一原则就是“怎么都行(anything goes)”。在费耶阿本德的著作中,无论是早期还是晚期的著作,都可以选出一些段落,用来对《反对方法》的大部分内容所包含的这

种极端的无政府主义科学观进行严格的限定。然而,对于我们的目的来说,最有启示意义的是把注意力集中在未加限定的无政府主义科学理论上,看看我们从中能学到些什么。无论如何,正是费耶阿本德观点的这种极端形式已经在文献中闻名了,科学哲学家们试图反对这种观点,但并非没有困难。

费耶阿本德论证的主要方法是,试图削弱哲学家们对科学方法和科学进步的表征的基础,他基于他们的理由以下述方式对他们提出了挑战。他以他的反对者(包括大多数哲学家)认为是科学进步的经典事例作为科学变迁的例子,并且指出,作为历史事实,那些变迁与那些哲学家所提出的科学理论是不相符的。(费耶阿本德并没有强迫他自己承认,从他所作的论证来看,所说的那些事件是进步的。)费耶阿本德所诉诸的主要例子涉及伽利略对天文学 151 和物理学所作的发展。费耶阿本德的论点是,如果对科学方法和科学进步的说明甚至不能理解伽利略创新的意义,那么,它就算不上是一种对科学的说明。在概述费耶阿本德的观点时,我基本上仍将坚持利用伽利略这个例子,这主要是因为,这个例子足以说明费耶阿本德的观点,当然,这也是因为,这个例子无须借用深奥的专业术语就很容易理解。

费耶阿本德的许多观点对本书读者来说将不会感到很陌生,因为我在本书前面的论述中已经出于不同的目的利用过它们了。

在本书第一章引述的一些引文,说明了实证主义或归纳主义的观点:伽利略的创新可以根据他认真对待可观察事实的程度、根据使他的理论与它们相适应的程度来解释。以下这段话摘自伽利略的《关于两大世界体系的对话》(*Dialogue Concerning the*

Two Chief World System, 1967), 转引自费耶阿本德的著作(1975, 第100—101页), 这段话表明, 伽利略并不是那样认为的。

你会对毕达哥拉斯观点[即地球在运动]的信徒如此之少感到惊讶, 而我会对到目前为止任何信奉和遵从它的人都感到惊奇。我也可能未必十分赞赏那些掌握了这一观点并且认为它是正确的人显著的敏锐, 他们是通过纯粹的理智做这种如此违背他们自己的感觉的事情的, 以至于对于那种观点, 他们宁愿相信理性告诉他们的、但感性经验明白地向他们表明与之矛盾的情况。因为我们已经考察过的反对地球转动的论据看起来好像很有道理, 而且, 托勒密学派和亚里士多德学派及其他的所有信徒都认为这些论据是决定性的, 这一事实的确是对它们的有效性的一种有力证明。不过, 与周年运动截然相反的经验的面力量的是非常大的, 因此我要重申一下, 当我反思阿利斯塔克(Aristarchus)和哥白尼竟然能够运用理性战胜感觉, 而且在对感觉的挑战中理性成了他们信念的女主人, 这时, 我感觉到无限的惊讶。

与伽利略同时代的人承认那些被认为是感官已经证实了的事
152 实, 而伽利略则迥然不同, 对于他来说(1967, 第328页), 用理性征服感官甚至用“更高级和更完备的辨别能力”亦即望远镜取代感官, 是必要的。我们来考虑一下伽利略需要“战胜”感官的证据的两个事例——他拒绝了地球静止不动的主张, 并且拒绝了金星和火星的表观尺寸在一年过程中没有显著变化的主张。

如果一块石头从一高塔的顶部落下,它会落向塔基。这个以及其他诸如此类的经验可用来作为地球静止不动的证据。因为如果地球是运动的,比如说围绕它的地轴自转(上述所引的那段话中伽利略所说的转动),那么,难道当石头落下时地球不会在下面运动,从而使石头落在与塔基有相当距离的地面上吗?伽利略是借助事实反驳这种论据的吗?诚如费耶阿本德指出的那样,伽利略在《对话》中当然不是这样做的。伽利略(1967,第125页及以下诸页)是通过“窃取”读者的“想法”来获得所期望的结果的。他的论证如下。一个沿着没有什么摩擦力的斜面向下滚的球的速度会不断增加,因为它从某种程度上说是“落”向地心。相反,一个沿着没有什么摩擦力的斜面向上滚的球的速度会不断减小,因为它正在远离地心向上升。在劝说读者相信这一点是明显的之后,他或她就会问:如果把斜面改为完全水平的平面,那么球的速度会出现什么情况呢?看来,答案似乎是速度既不会增加又不会减小,因为球既没有上升也没有下落。球的水平运动将会持续下去,并且保持运动速度不变。尽管这并不符合牛顿的惯性定律,但这却是一个倘若没有外因便会持续下去的匀速运动的例子,而且对于伽利略来说,它足以反驳一系列反对地球自转的论据。伽利略所得出的推论是,当石头从塔上落下时,它和塔一起随地球自转而进行的水平运动保持不变。这就是为什么它与塔同步运动而落在塔基地面上的原因。因此,塔的论据并不能像许多经验所支持的那样证实地球是静止不动的。伽利略主张的成功达到了如此的程度,以至于正如他本人所承认的那样,他可以使自己不诉诸观察结果和实验结果。(我在这里要指出,在伽利略时代,没有摩擦力的斜面比

现在更难获得,而且在那时,对斜面不同位置上的球的速度的测量是难以完成的。)

我们在本书第一章看到,哥白尼理论预见,水星和火星的表观尺寸应当有显著变化,就此而言,它们的表观尺寸是非常重要的,而这一预见是无法用肉眼证明的。一旦用望远镜而不是用肉眼获得的观察事实被认可,这个问题就解决了。那么,怎样为选择通过望远镜而获得的观察事实辩护呢?以下是费耶阿本德所呈现的情况和伽利略的回答。在天文学领域接受望远镜所揭示的现象绝不是件简单的事。伽利略没有适当的或详尽的关于望远镜的理论,因而他不能诉诸望远镜来为通过望远镜而获得的观察事实辩护。但在地球范围内,确实存在着为通过望远镜观察的结果证明的试错法。例如,用望远镜对远处建筑物上某一肉眼难以识别的铭文的辨读,可以通过走近该建筑物来核对,而对远处一艘船上的货物的辨认,当这艘船到达港口时就可以得到证明。但是,望远镜在地球范围内的使用不可能直接用来证明它在天文学范围内的应用是合理的。望远镜在地球范围内的使用,借助了一系列可见的线索,而这些在天文学情况下是没有的。之所以可以从望远镜的许多人为现象中辨认出真实的形象,是因为我们熟悉我们正在观察的那类事物。因此,例如,倘若望远镜显示远处的一艘船的桅杆在摇摆,一侧呈现出红色,另一侧呈现出蓝色,并且有黑色的斑点在它上方盘旋,那么,这些畸变亦即那些颜色和斑点可作为人为现象而不予考虑。然而,当观察天空时,我们没有熟悉的区域,关于什么

154 是与人为现象相反的真正存在物也没有明晰的指导。除此之外,与熟悉的物体的比较有助于对规模的判断,利用视差和交叠有助

于判断什么远、什么近,而这些在天文学中是一种一般难以获得的奢望,当然,情况不可能是这样:伽利略通过接近行星而用肉眼核实他用望远镜对它们观察的结果。甚至有这样一个直接的证据表明通过望远镜所获得的观察事实是不稳定的,因为它所放大的月球的程度与放大的行星和恒星的程度不同。

按照费耶阿本德(1975,第141页)的观点,上述这些困难就在于,若想说服那些既否认哥白尼理论又否认通过望远镜获得的与天空有关的观察结果的反对者,依靠论证是不适当的。因此,伽利略必须而且也的确求助于宣传和诡计。

另一方面,有些望远镜显示的现象显然是哥白尼学说所揭示的。伽利略把这些现象当作支持哥白尼的独立证据来介绍,而情况却是,一种受到反驳的观点即哥白尼学说与从另一种受到反驳的思想中产生的现象很相似,这另一种思想就是,望远镜显示的现象就是可信的天空中的形象。伽利略由于其风格和聪明的说服方法而成功了,因为他是用意大利文而不是用拉丁文写作,而且他借助了一些生性讨厌旧思想和与它们相关的学术标准的人的力量。

这一点应当是很清楚的,即如果费耶阿本德对伽利略方法论的解释是正确的,并且是科学中的典型情况,那么,标准的实证主义科学观、归纳主义科学观和否证主义科学观都有一些严重的问题难以与这种解释相协调。按照费耶阿本德的观点,这种解释可以与拉卡托斯的方法论相协调,但这只不过是因为,那种方法论非

常宽泛以至于可以与任何事物相协调。费耶阿本德揶揄拉卡托斯说,欢迎他这个“无政府主义的同路人”,虽然他是伪装的,而且很高兴把《反对方法》献给拉卡托斯这位“朋友和无政府主义的同路人”。费耶阿本德解释了两种框架,即以肉眼观察的事实为依据的
155 亚里士多德的地球静止不动的框架,以及得到通过望远镜获得的观察事实支持的哥白尼的地动说,他把它们解释为实际上是相互排斥的思想学派,这种解释方式令人回想起库恩对范式是相互排斥的看待世界的不同方式的描述。的确,这两位哲学家彼此独立地构想出“不可公度的”这个词,以此来描述两个理论或范式的这种关系:它们无法在逻辑上加以比较,或者在比较时缺乏可以利用的中立于理论的事实(theory-neutral fact)。库恩基本上是通过诉诸社会共识(social consensus)重建规律和秩序来避免费耶阿本德的无政府主义结论的。费耶阿本德(1970)拒绝了库恩对科学共同体的社会共识的诉诸,部分原因在于,他认为库恩没有对获得共识的合理与不合理(例如,杀死所有敌手)的方式进行区分,还有部分原因在于,他并不认为诉诸共识就能够把科学与诸如神学或有组织的犯罪等其他活动区分开。

费耶阿本德认为,他本人已经证实,那种把握科学知识特有的、表明它优越于其他知识形式之特征的尝试失败了,既然如此,他得出结论说,我们社会赋予科学的那种至高的地位,以及假设它所具有的那种不仅超越马克思主义而且超越诸如巫术和伏都教之类事物的优越性,并未被证明是合理的。按照费耶阿本德的看法,高度尊重科学是一种危险的教条,这种教条所起的压抑作用与他所描绘的基督教在17世纪所起的作用是类似的,并且会使人想起

伽利略与教会斗争等事例。

3. 费耶阿本德对自由的倡导

费耶阿本德的科学理论置身于一种高度评价个人自由的伦理学框架内,它包含了一种被费耶阿本德描述为“人道主义态度”的看法。按照这种态度,个人应当是自主的,并且具有某种类似于 156 19 世纪哲学家约翰·斯图尔特·穆勒(John Stuart Mill, 1975)在他的论文《论自由》(“On Liberty”)中所说的那种自由。费耶阿本德(1975,第 20 页)宣布,他本人赞成“增加自由的尝试,以便趋向一种完美的有价值的生活”,并且支持穆勒倡导“个性的培养,唯有它会创造出或能够创造出充分发展的人类”。从这种人道主义的观点出发,费耶阿本德为他的无政府主义科学观提供了证明,而他所依据的理由是,这种科学观可以使科学家摆脱方法论的束缚从而增加他们的自由,更一般的说,它可以使个人有自由在科学与其他形式的知识之间进行选择。

从费耶阿本德的观点看,我们社会中的科学的制度化是与人道主义态度不一致的。例如,在学校中,科学被当作一门主课来讲授。“因此,现在一个美国人虽然可以选择他喜欢的宗教,但他若要求让他的孩子在学校学习巫术而不学习科学仍然不会得到允许。国家与教会是相分离的,但国家与科学之间没有这种分离”(1975,第 299 页)。费耶阿本德(1975,第 307 页)写道,根据这种观点,我们需要做的就是,“使社会摆脱意识形态上僵化的科学令人窒息的控制,就像我们的前辈们使我们摆脱唯一真正的宗教令人

窒息的控制一样！”在费耶阿本所想象的自由社会中，将不会使科学具有超越其他知识形式或传统的优越地位。在自由社会中，一个成熟的公民是“一个学会了自己作决定的人，因而是已经决定赞成他认为最适合于他的事物的人”。科学将作为一种历史现象，“与诸如‘原始’社会的神话那样的其他神话故事一起”被人们研究，这样，每一个人都“具有作出自由决定所需要的信息”（1975，第 308 页，黑体为原文所标）。在费耶阿本德的理想社会中，从意识形态上讲，国家在不同意识形态之间是中立的，以便确保个人能维持选择的自由，并且不把某种意识形态在违背他们意志的情况下强加给他们。

费耶阿本德反对方法的论点以及他对个人的某种特定类型的自由的倡导，在他的无政府主义认识论那里达到了顶峰（1975，第 284—285 页，黑体为原文所标）：

在卡尔纳普、亨普耳、E. 内格尔(E. Nagel)[三位著名的实证主义者]、波普尔甚至拉卡托斯想要用来使科学变迁合理化的方法中，没有一种是适用的，而那种可以应用的方法即反驳法，其力量大大减少了。剩下的就是审美判断，对鉴赏力、形而上学偏见和宗教欲望的判断，简而言之，**所剩下的就是我们的主观愿望**：科学以它最先进和最普遍的方式把一种个人似乎将在它更沉闷的阶段失去的自由还给个人。

因此，不存在科学方法。科学家应当遵循他们的主观愿望。怎么都行。

4. 对费耶阿本德的个人主义的批评

对费耶阿本德所理解的人类自由的批评,将会成为评价他对方法的批判的一个有益开端。费耶阿本德自由观念的主要问题,来源于从把自由理解为摆脱束缚的意义上,自由所达到的完全否定的程度。在可以遵循自己的主观愿望并且可以做自己想做的事的意义上,个人应当是不受束缚的。这种看法忽视了这个问题的肯定的方面,即个人可以获得他们实现自己愿望的方法的程度。例如,言论自由可以而且常常是以不受国家压制、诽谤法等等形式的束缚为出发点来讨论的。因此,举例来说,在一个校园的讲座中,如果学生们因讲演在学术上表达了一些同情法西斯主义的观点而打断它,他们也许会被控告剥夺了演讲者的言论自由。他们将被控告为演讲者的自然权利设置了障碍。不过,从肯定的观点看,对言论自由的考虑,也可把个人所能利用的使自己的观点被别人听到的资源作为依据。例如,某个特定的个人能够接近什么样的传播媒介?这一观点对我们的例子会有另一种不同的看法。也许演讲者能够得到大学的演讲大厅、麦克风和媒体广告等等,而倡导其他观点的人却不能,基于这个理由可以证明,打断这个讲演是合理的。18世纪的哲学家大卫·休谟在批评约翰·洛克的社会契约思想时,细致地说明了我正在论述的这种观点。洛克把社会契约解释为是一个民主社会的成员自主接受的,并且论证说,任何不愿意赞成这种契约的人都可以自由移民。对此,休谟作了以下回答:

我们是否可以认真地说，当一个穷困的农民或艺术家不懂任何外语或不了解外国的生活方式，只能日复一日以他所获得的微薄的收入生活时，他可以自由选择离开他的祖国？我们倒不如断言，即使一个人是在睡觉时被带上船的，但他一旦离开船就必然葬身大海，一命呜呼，这样，他要留在船上，就会自主地同意船长的统治。^①

个人出生于某个社会之中，该社会是先于他们而存在的，从这种意义上说，社会所具有的特性是未经他们选择而且他们也无法选择的。他们可以选择行动过程，因而，他们所具有的自由的确切意义，将取决于他们在实际中获得各种行动所需资源的途径。在科学中也是如此，一个希望对某一科学做出一定贡献的人将面对以下情况：各种理论、数学方法、仪器和实验技术。可供科学家选择的行动路径，一般来说是由客观存在的情况划定的，而可供某个特定的科学家选择的路径，将由该科学家个人所获得的现有资源的子集决定。只是在可以从一系列有限的对他们开放的选项中自由进行选择的意义上，科学家才可能自由地遵循他们的“主观愿望”。此外，理解那种情况的先决条件，将由个人所面临的无论他喜欢与否的情况来界定。无论在科学中或者更一般的说在社会中是否有什么变化，主要的理论工作都要涉及对个人所面临的情况

① 这段出自休谟的《论原始契约》(*On the Original Contract*)的引文引自 E. 巴克(E. Barker)的著作(1976, 第 156 页)。这段话中所批评的洛克的独特观点，也可参见该书第 70—72 页。

的理解,而不涉及某种普遍化的对不受束缚的自由的诉求。

对于费耶阿本德来说,具有讽刺意味的是,他在对科学的研究中极力否认理论中立的事实的存在,而他在其社会理论中诉诸了更为雄心勃勃的意识形态中立的国家(ideology-neutral State)的观念。但是在地球上,这样的国家怎么能出现,它怎么发挥其功能、怎么能维持?从在探讨“国家”的起源和本质的问题方面已经做过的认真尝试来看,费耶阿本德对这样一个乌托邦的古怪的思辨,即所有个人在这里都能以不受约束的方式遵循自己意向的想法,显得非常幼稚。

费耶阿本德把他的科学观置于一个包含朴素的自由观念的个人主义框架之中,对他的这种做法的批评是一个问题。而处理他提出的在科学中“反对方法”的论点的细节则是另一个问题。在下一章中我们将看到,从费耶阿本德对方法的攻击中我们能够建设性地挽救些什么。

5. 补充读物

费耶阿本德在《自由社会中的科学》(*Science in a Free Society*, 1978)中发展了《反对方法:无政府主义认识论纲要》(1975)的某些思想。《实在论、理性主义与科学方法》[*Realism, Rationalism and Scientific Method* (费耶阿本德,1981a)]和《经验主义问题》[*Problems of Empiricism* (费耶阿本德,1981b)]是他的两本论文集,其中许多文章都写于他的“无政府主义”以前的阶段。《对专家的安慰》(“*Consolations for the Specialist*”, 1970)和《对科学理性的批判》(“*On*

the Critique of Scientific Reason”，1976)是他分别对库恩和拉卡托斯的批评。我在《伽利略用望远镜对金星和火星的观察结果》[“Galileo’s Telescopic Observations of Venus and Mars” (查尔默斯, 160 1985)]和《费耶阿本德未看到的伽利略》[“The Galileo that Feyerabend Missed” (查尔默斯, 1986)]中, 已经就费耶阿本德对伽利略科学的描述提出了批评。

第十一章 方法中的 方法论变革

161

1. 反对普遍的方法

我们在前一章看到,费耶阿本德提出了一种反对哲学家们已经提出的关于科学方法的不同说明的论点,这些说明是一些把握科学知识与众不同的特性的尝试。费耶阿本德所采取的一种重要策略是,证明那些关于伽利略对物理学和天文学的发展的说明是矛盾的。我在其他论述(查尔默斯 1985 和 1986)中已经就费耶阿本德对伽利略事件的历史说明提出了批评,而我将在下一节中介绍和利用我的不同意见的某些细节。一旦那段历史得到修正,我相信情况仍将保持这样:修正过的历史将会给对科学和科学方法的标准说明提出问题。也就是说,我认为,倘若我们清楚这种受到了反驳的方法的概念,费耶阿本德反对方法的论点在某种意义上仍可以维持。费耶阿本德的论点所反对的是这样一种主张,即存在着一种普遍的非历史的科学方法,这种方法所包含的那些标准,是所有科学若想与“科学”这一名称相称都应当达到的。在这里“普遍的”这个术语是用来指所提出的方法适用于所有科学或所有

假定的科学——物理学、心理学、创世科学或任何其他科学，而“非历史的”这个术语则预示着方法的不受时间限制的特征。它既被用来评价亚里士多德物理学，也被用来评价爱因斯坦物理学，既被用来评价德谟克利特(Democritus)的原子论，也被用来评价现代原子物理学。我很乐于与费耶阿本德一起认为，普遍的和非历史的方法是难以置信的甚至是荒谬的。正如费耶阿本德(1975, 第295页)所说的那样，“科学能够而且也应当按照一些确定的和普遍的规则运行这一思想，既是不现实的也是无益的”，这种思想是

162 “对科学不利的，因为它忽视了影响科学变迁的复杂的物质条件和历史条件”，而且“会使科学变得缺乏可适应性和更为教条”。如果存在一种判断过去、现在以及未来的所有科学的方法，人们也许会问，哲学家用什么办法获得这样一种有效的工具，这种工具如此之有效，以至事先可以告诉我们什么是判断未来科学的适当方法。如果我们把科学构想成为一种没有限度的对改进我们知识的探讨，那么，为什么不可能存在我们按照我们所学到的知识改进我们的方法以及调整和改善我们的标准的余地呢？

如果把方法理解为一种普遍的和不变的方法，那么，对我来说，参加费耶阿本德发起的反对方法的战斗是没有问题的。我们已经看到，费耶阿本德对反对方法的论点的回答是假设不存在任何方法，科学家应当遵循他们自己的主观愿望而且怎么都行。然而，普遍的方法和没有任何方法根本并未排除诸多可能性。应该坚持一种中庸之道，即认为在科学中存在着一些方法和标准，但它们有可能因科学不同而相异，而且在某一门科学中它们是可变化的，而且会越变越好。不仅费耶阿本德的论点并没有说反对这种

中庸的观点,正如我在下一节试图说明的那样,而且,还可以用某种支持这种观点的方式对他所举的伽利略的例子进行解释。

我认为存在一种中庸之道,按照这种观点,在成功的科学中隐含着一些历史上偶然的方法和标准。有些科学哲学家们像我一样,坚定地拒绝费耶阿本德的无政府主义和极端相对主义,他们通常的反应是,那些像我本人这样在寻求一种中庸之道的人是在自欺欺人。例如,约翰·沃勒尔(1988)已经明确地描述了这样一种论证思路,如果我要为科学方法的变化辩护而又要避免极端相对主义,那么,我必须说明这种变化怎样使方法变得更好。但是,“更好”的标准是什么呢?看起来,除非有一些判断标准变化的超标准,否则就无法以一种非相对主义的方式解释那些变化。但超标准又使我们回到了意味着能产生这类标准的普遍方法。因此,沃勒尔继续论证说,我们要么坚持普遍方法,要么坚持相对主义。不存在什么中庸之道。至少从为答复这种论证作准备来说,从科学中举一个方法标准变化的例子是有益的。我将在下一节将讨论伽利略所实现的这种变化。 163

2. 以用望远镜观察的事实取代用肉眼

观察的事实:标准的变化

伽利略的一个亚里士多德派的反对者(引自伽利略,1967,第248页)提到,把“感觉和经验应当是我们进行哲学探讨的指导”这一思想作为“科学本身的标准”。许多对亚里士多德学派传统进行评论的人已经注意到,这种传统的一条关键原则是,知识主张应

当与在适当的条件下非常谨慎地运用感官所获得的证据相一致。卢多维克·盖莫纳特(Ludovico Geymonat)是一位伽利略的传记作者,他(1965,第45页)谈到“那个[伽利略创新的]时代绝大多数学者共同持有的”信念,即“只有直接的视觉才具有把握真正实在的力量”。莫里斯·克拉维林[Maurice Clavelin (1974,第384页)]在比较伽利略科学与亚里士多德科学时观察到,“漫步学派物理学主要的基本原则从不与感觉证据相对立”,斯蒂芬·高克罗格尔[Stephen Gaukroger (1978,第92页)]在类似的背景下论及了“亚里士多德著作中对感觉—知觉的根本性的和排他性的信赖”。从目的论角度对这种根本性标准的辩护是很常见的。感官的功能被理解为给我们提供有关世界的信息。因此,尽管例如在模糊不清或者当观察者生病或喝醉酒等反常的环境下,感官有可能会被误导,但是,假设感官在执行意欲让它们完成们的任务时可能一贯会被误导,则是没有意义的。欧文·布洛克[Irving Block (1961,第9页)]在一篇

164 解释亚里士多德的感官知觉理论的文章中,对亚里士多德的观点作了如下表征:

自然使一切都具有某种目的,人的目的就是通过科学理解自然。因此,如果自然塑造人及其器官的方式使得所有知识和科学从一开始就必然是错误的,那么,这对自然来说是矛盾的。

亚里士多德的观点得到了托马斯·阿奎纳(Thomas Aquinas)在许多世纪以后的响应,正如布洛克(1961,第7页)所陈述的那样:

感官知觉对于它所适用的对象来说总是真实可信的——因为一般而言,自然能力在从事它们所适应的活动时不会出错,如果它们真出错了,这是由于受到了某种干扰或其他原因。因此,只在很少的事例中,而且只有在感官有欠缺的情况下,感官对它们所适用的对象的判断才会是不正确的,例如,当人发烧时,尝甜的东西会有苦的感觉,因为他们的舌头出现了问题。

伽利略面对的是一种依赖感官的境遇,其中包括把用肉眼观察的事实当作“科学的一个标准”。为了引进望远镜,并且以用望远镜观察的事实取代和否定用肉眼观察的事实,他必须勇敢地反抗这一标准。在他这么做的时候,他已经导致了一种科学标准的变化。正如我们业已看到的那样,费耶阿本德认为,伽利略不可能提出一种令人信服的论点,而且必须求助于宣传和诡计。但历史事实告诉我们并非如此。

我已经考虑过伽利略为他对木星卫星的准确观察结果所提出的论据。在这里我将把注意力集中在费耶阿本德能够收集到的这一事例:人们是如何接受望远镜所揭示的金星和火星的表观尺寸的变化。我们已经在前一章中描述过这个问题的紧迫性,并且承认,关于在接受通过望远镜对天空的观察结果的过程中所存在的困难,费耶阿本德的说明不无道理。

伽利略诉诸了光渗现象以使人们怀疑用肉眼对行星的观察结果,并且以此作为支持用望远镜观察的结果的理由。伽利略的假

说(1967,第333页)是,当用眼睛观看某个黑暗背景下的小而明亮的远距离光源时,眼睛“会给自身带来障碍”。因为这样的对象显示出“由偶然和异样的光线形成的光环”。因此,伽利略(1957,第46页)在其他著作中解释说,如果恒星“是靠纯粹的视力观察的,它们呈现给我们的不是它们天然的(也就是说,它们物理的)规模,而是受到一定光耀的光渗后并在其周围伴有耀眼的光线的景象”。对于行星而言,望远镜可以把光渗消除。

由于伽利略的假说涉及这样一种主张,即光渗是小而明亮的远距离光源引起的结果,那么就可以在不使用望远镜的情况下以不同方式改变那些因素来加以检验。伽利略(1957,第46—47页)显然诉诸了许多方法。恒星和行星的亮度,可以在观看它们时通过云层、黑色的面纱、有色玻璃、一根管子、手指间的缝隙以及一张卡片上的针孔等来降低。对于行星而言,光渗可以通过这些技术消除,从而它们会“显示出其纯粹圆形并且有着清晰的边界的球体”,对于恒星而言,光渗永远无法完全消除,因此,“永远无法看到”它们有“圆形的边界,相反,它们貌似一团团火焰,火焰的光线在它们周围闪动,并且发出大量的火花”。就光渗依赖于受观察的相关光源的表观尺寸来说,伽利略假说得到了月球和太阳不受光渗影响这一事实的证明。伽利略假说的这一方面,以及光渗对光源距离的依赖,可以直接在地球上进行检验。一只点燃的火把可以在白天或夜晚、在近处或远处被看到。当夜晚在远处看到这个火把时,当它与周围的环境相比很明亮时,它看起来比它实际的规模要大一些。因此,伽利略(1967,第361页)评论道,他的前辈包

166 括第谷·布拉赫和 C. 克拉维乌斯(C. Clavius),在估计恒星的规模

时应该做得更谨慎些：

我不会相信他们认为，火炬的真实表面就是它在一片黑暗之中看起来的那样，而不是在周围明亮的环境下被看到的那样：因为在夜间，我们的灯光从远处看起来较大，但在近处看起来就较小而且轮廓清晰。

光渗对光源相对于其周围环境的亮度的依赖，从恒星在黎明时的外观那里得到了进一步的确证：这些恒星在这时比在夜晚看起来小得多；这一点也得到了金星外观的确证：当在大白天观察金星时，它看起来“如此之小，以至于需要有非常敏锐的视力才能看到它，而在随后的夜晚，它看起来就像是一个巨大的火炬”。后面这种效应，为不诉诸通过望远镜观察的证据来检验所预见的金星表观尺寸的变化，提供了一种大致的方法。如果不把观察限制在白天或黎明，那么，就可以用肉眼进行这一检验。至少按照伽利略的观点，表观尺寸的变化是“肉眼完全可以觉察的”，尽管要对它们作精确的观察只能依靠望远镜（德雷克，1957，第131页）。

这样，通过相当直接的实践证明，伽利略就能说明，当观看地球上和天空中相对于其周围的环境来说较为明亮的小光源时，肉眼会产生不一致的信息。伽利略为之提出了大量证据的光渗现象以及用灯所作的更直接的证明显示，肉眼对小而明亮的光源的观察结果是不可靠的。这一点的一个言外之意是，用肉眼在白天对金星观察的结果，比在夜晚当金星相对于其周围的环境来说较为明亮时对它的观察结果更可取。前一种结果与后一种结果不同，

展示的是金星在一年之中的表观尺寸。可以说,所有这一切都没有借助望远镜。当我们注意到在使用望远镜观察行星时可以消除光渗,而且表观尺寸的变化与用肉眼在白天可以观察到的变化相
167 一致时,一个支持用望远镜观察的事实的论据开始出现了。

对于通过望远镜获得的有关金星和火星之规模的观察事实来说,最终证明它们具有准确性的,是这些观察事实与当时所有重要的天文学理论的预见完全一致。这与费耶阿本德和伽利略本人所描述的情况的方式有冲突,但它也像他们所认为的那样,暗示着这些观察事实对哥白尼理论的支持超过了对其对手的支持。哥白尼理论的对手就是托勒密理论和第谷·布拉赫的理论。这两种理论都像哥白尼理论一样准确地预见了同一种表观尺寸的变化。托勒密体系反映了与地球的距离的变化,而这些变化导致了所预见的表观尺寸的变化,因为在这一体系中,当行星沿着附加在均轮上的本轮运动时,它们会接近地球随后又远离地球,然后,本轮和均轮会处在与地球等距离的地方。第谷·布拉赫的体系也会反映这些变化,在该体系中,行星而非地球在围绕太阳的轨道上运动,而太阳本身则在围绕静止的地球的轨道上运动,出于相同理由,哥白尼理论也会反映这些变化,因为从几何学上讲,这二者是等同的。德里克·J·德·S·普赖斯[Derek J. de S. Price (1969)]曾经非常概括地指出,一旦把这些体系加以调整以便与所观察的行星和太阳的角坐标相适应,情况必然如此。奥西安德尔在为哥白尼的《天体运行论》所写的序言中承认,行星的表观尺寸给自古以来的主要的天文学理论提出了一个问题。

对于人们接受通过望远镜所获得的某些重要发现的过程,伽

利略进行了论证,我们已经考察了他的论证方式,而且我已经指出,这些论证是令人信服的,历史事实已经证明,它们在很短的时间内就使伽利略所有严肃的对手心悦诚服了。而在证实他的论点的过程中,伽利略在形成科学的共同趋向,亦即在以用仪器观察的事实取代用肉眼观察的事实方面迈出了第一步,并且在此过程中突破和改变了“科学本身的标准”。他的这一成就对支持和反对方法的论点有什么影响呢?

168

3. 理论、方法和标准的逐步变化

约翰·沃勒尔等人的论证的大意是,伽利略是不可能改变标准的,那么,相对于这类论证而言,伽利略是怎样设法通过提出合理的论据来达到这一点的呢?他之所以能够做到这一点,是因为在他与他的对手之间存在着许多他们共有的东西。在他们所要实现的目的方面也有许多重合之处。例如,他们都有这样的目的,即对得到经验证据证实的天体的运动进行描述。毕竟,托勒密的《天文学大成》(*Almagest*)有很丰富的行星位置的记录,而第谷·布拉赫则因其制造大规模的象限仪等仪器著称于世,这些仪器引人注目地增加了这些记录的精确性。伽利略指出,对于有些低水平的观察结果,例如,在夜晚一盏灯从远处看去比它实际的规模大,以及金星在白天比在黑夜看起来小等,他的对手除了接受以外没有别的明智的选择。以共有的目的为背景的这些共有的观察结果,足以使伽利略能够说服他的反对者,他使用了“机智的说服技巧”,这些技巧除了直接的论证外不包含别的东西,而且,这些技巧至少在一

种环境下使得他们将愿意放弃“科学本身的标准”，并且接受某些用望远镜观察的事实而不是与之相应的用肉眼观察的事实。

169 一门科学在其任何发展阶段上，都是由以下这些部分组成的：为获得某种特别的知识的特定目的，为达到那些目的所需要的方法和判断那些目的在什么程度上得以实现的标准，以及呈现相关目的在目前实现状况的特定事实和理论。在实体网络中，每一个个体都将根据研究得到修正。我们已经讨论过理论和事实可错的方式（我们还记得过冷液体反驳了液体不能向上流动的主张），而且我们在前一节说明了一种在方法和标准中的变化。形式更为复杂的某一科学的目的也可能会发生变化，我们不妨来举一个例子。

罗伯特·玻意耳(Robert Boyle)的实验工作，被人们公正地看作是对17世纪科学革命的一个重大贡献。在玻意耳的工作中可以分辨出两个有某种冲突的方面，从某种意义上讲，它们代表了旧的和新的从事科学的方式。在其更具哲学色彩的著作中，玻意耳倡导“机械论哲学”。按照这种哲学，物质世界被看作是由诸多物质组成的。而且这种哲学认为，显而易见，只存在一种物质。具有可观察规模的物体是由微小的物质微粒的排列构成的，变化被理解为是这些微粒的重新排列。物质微粒所具有的属性仅有：每一个微粒都具有的特定的大小、形状和运动，以及可以用来把物质与虚空的空间区分开的不可入性。一个粒子在与另一个粒子碰撞时，其运动会发生变化，这种作用过程就是自然中所有活动和变化的根源。对某种物理过程的解释将包括把这一过程回溯到相关粒子的运动、碰撞以及重新排列。在对这种观点的一种表述中，玻意耳

赞成新的机械论世界观,这种世界观被看作是亚里士多德世界观的适当的替代者。按照这种世界观,适当的解释就是最终的解释。这些解释诉诸了微粒的形状、大小、运动和碰撞等观念,这些观念本身并没有被认为是需要解释的。因而,从这种观点看,科学的目的就是作出最终的解释。

在倡导机械论哲学的同时,玻意耳也做实验,尤以其气体力学和化学的实验最为著名。正如玻意耳本人的一些评论所暗示的那样,他的实验的成功,并没有产生这种机械论哲学所需要的那种科学知识。玻意耳关于气体物理学的实验,尤其是那些用气泵做的使得他能够把一个玻璃容器中的绝大部分气体排出的实验,引导 170 他根据气体的重量和弹性解释了一系列气体的现象,例如,气压计在排空空气的容器的内部和外部的表现等。他甚至能够提出一个有关压力与一定质量的气体的体积之间关系的定律,该定律后来以他的名字命名。但是,从机械论哲学的观点看,他的解释不是科学解释,因为它们不是最终解释。只有在根据微粒的作用过程对重量和弹性进行了解释之后,诉诸这些属性才能成为可接受的。不用说,玻意耳无法满足这样的要求。对于玻意耳的实验科学,人们最终的评价是,它们所寻求的解释既是实用的也是可获得的。与之相反,对于严格意义上的机械论解释,人们最终的评价是,它们是不可获得的。事实上,到了 17 世纪末,最终解释的目的在物理学中已被放弃了。这种目的最终被看作是一种乌托邦,尤其在与实验科学的成就相对比时更是如此。

因而,一般的观点认为,在某一特定的时代构成某一科学的目的、方法、标准、理论和可观察事实之网络的任何一部分,都是可

以逐渐变化的,而保持不变的那部分网络将提供一个背景,在此背景下就可以为变化提出某种论据。不过,立刻为这个网络中变化的一切都提出合理的论据当然也是不可能的,因为也许当时并不存在提出这样的论据可以依托的基础。因此,如果科学的典型情况是,相互竞争的科学家们从他们各自的范式出发,对一切事物的看法都是不同的,并且他们生活在不同的世界之中,以至于他们没有任何共同的东西,那么,的确不可能找到一种客观的意义,可以在这种意义上说科学不断在进步。但是在科学中或科学的历史上,或者就此而论在任何其他领域,并没有出现与这种滑稽的场面相一致的情况。对科学进步作出客观的说明,我们并不需要一种普遍的、非历史的科学方法观,而且,对方法如何会变得更好作出客观的说明是可能的。

4. 轻松的插曲

我可以想象,约翰·沃勒尔以及具有相同意向的相对主义的反对者和普遍方法的捍卫者们,将会如何回应我在上面所采取的方针。譬如,他们会说,我所举的伽利略的例子虽然没有说明标准的变化,但却诉诸了一些更高级和更一般的标准。例如,伽利略和他的竞争对手都要求他们对行星轨道的说明应得到适当的证据的证明。一旦我们说清楚这些一般性假设,我的批评者们也许又会论证说,正是那些一般性假设构成了普遍的方法,而且,恰恰是那一切形成了一个背景,在此背景下伽利略所导致的变化被断定为是进步的。我听他们说,没有这样一个背景,你就不能证明这一变化

是进步的。

我们姑且先退一步。假设我们确实试图阐明某些一般性原则,而且可以预期,这些原则是从亚里士多德到斯蒂芬·霍金(Stephen Hawking)的任何一位科学的支持者所坚持的。假设结果是“对论证和可获得的证据采取严肃的态度,而不是为了得到超出可获得的方法之外的某种知识或某种水平的确证”。我们把这称之为科学方法常识观(common sense version of scientific method)。我承认,存在着一种常识意义上的普遍方法。但是,我马上要使约翰·沃勒尔及其支持者也许因为我的这种承认而产生的沾沾自喜的感觉荡然无存。我首先要指出,在常识意义上普遍方法是正确的和适当的范围内,这种常识意义上的方法将使他们所有的人而且也包括我自己在内都无所事事,因为它几乎算不上是一种需要一个专业哲学家去阐明、评价或辩护的事。更严重的是,我认为,一旦我们进一步提出问题,并且要求详细说明什么可算是证据和确证,以及究竟对什么样的主张可以为之辩护以及如何辩护,那么,这些具体的细节将会随着科学的不同以及历史环境的不同而有所变化。 172

对常识性方法的阐述也许并不足以形成一项要求科学哲学家去完成的任务。然而,我确实认为,对它的评价足以抵制当代科学研究中的某些倾向。我想到了科学社会学家和后现代主义者(我们可以把他们称之为某种类型的“平等主义者”),他们对给科学知识以特殊地位不予重视或者予以否认,其理由是,这会使对它的证明像任何其他社会工作一样,必然含有科学家或科学家群体的利益,例如财政地位、社会地位和专业利益等诸如此类的益处。作为

对此的回答,我认为,例如,在以改进如何使化合物化合的知识为目的和以改进专业化学家的社会地位为目的之间,存在着一种常识性的区别。我甚至会认为,如果存在一些违背这种常识的学术运动,那么,具有这种意识的人会要求剥夺那些运动的基金。注意到这一点是很有意思的,即传统的科学哲学家自己为创造这样一种给平等主义者留下余地的局面做了许多事。正是他们假设,只有借助对普遍方法的某种哲学上的清晰说明,才能对科学与其他类型的知识进行区分。因此,当本书前几章介绍的那些尝试以那样的方式失败时,似乎就为平等主义者的前进开辟了道路。迈克尔·马尔凯(1979)无疑是最谦虚的平等主义者之一,他提供了科学分析者诸多可能的例子中的一个例子,他得出结论说,他所谓的“标准的观点”的失败必然会导致对科学的社会学分类。^①

173 这就使我们到达了大约 15 年以前科学哲学内部的一个争论点。我们不能就这样把问题留在这里,因为在此期间,已经从那时发展出了两种重要的运动,这些运动都值得关注。其中一种运动涉及用一种概率理论对普遍方法进行说明的尝试。对它,我们将在下一章予以研究。第二种运动试图通过密切关注实验及其相关的方面,来反对它所认为的对科学受理论支配的说明的滥用,这种

① 请不要把我在这一段中的评论理解为是在暗示,对于在社会中发挥其功能的科学,没有进行政治分析和社会分析的余地,我在《科学及其构造》[*Science and Its Fabrication* (1990, 第 8 章)]中尝试着对此进行了明确的阐述。我的评论也无意轻视那些冠以“科学的社会研究”之名的所有研究,因为许多当代的研究已经对科学工作的本质提出了一些有理有据的见解。这些评论仅仅是针对某些人,他们自认为已经构造了具有如此高地位的社会学或其他种类的知识,从这类知识的观点来看,他们可以断定科学不具有任何特别的地位。

对科学的说明在一段时期内颇有影响。对于这种探索将在本书第十三章中予以讨论。

5. 补充读物

我在《科学及其构造》(查尔默斯,1990,第2章)中,对反对普遍方法的论点作了更详尽的论述,《伽利略用望远镜对金星和火星的观察结果》(查尔默斯,1985)和《费耶阿本德未看到的伽利略》(查尔默斯,1986)就费耶阿本德对伽利略的个案研究进行了批评和修正。L.劳丹(L. Laudan)在其两部著作(1977,1984)中试图在普遍方法和无政府主义之间,找到一种与我不同的中庸方法。读者在《玻意耳的机械论哲学乏善可陈》[“The Lack of Excellence of Boyle’s Mechanical Philosophy”(查尔默斯,1993)]和《科学中的最终解释》[“Ultimate Explanation in Science”(查尔默斯,1995)]中,可以发现我有关玻意耳研究的论点更为翔实的叙述。

第十二章 贝叶斯方法

1. 引言

我们中的许多人都非常相信关于哈雷彗星最近回归的预见，以至于我们事先就预定到远离城市灯光的乡村去度周末，以便进行观察。我们的信心被证明并无不妥。科学家们非常相信他们把载人宇宙飞船送入太空的那些理论的可靠性。当其中的某一理论出现问题时会给我们留下深刻印象；但是，科学家们借助计算机能够迅速地计算出还有多少剩余的火箭燃料可以用来点燃火箭发动机，从而把将要返回地球的飞船送入某一正确的轨道，对此，我们也许不会感到惊讶。这些情况暗示着，在到目前为止我们的叙述中，从波普尔开始到费耶阿本德，哲学家们所强调的理論的可错性程度也许被误置或夸大了。波普尔的主张即所有科学理论的概率都为零能否与这些情况相一致？就此而论，值得强调的是，在我的两个叙述中，科学家们所使用的理论都是牛顿理论，按照波普尔（以及其他大多数人）的说明，这一理论在本世纪*初被多种方式

* 指 20 世纪。——译者

否证了。肯定有某些方面出现了严重的错误。

有一个哲学家群体的确认为,有某些方面出现了根本性错误,他们的努力就是要改变这些错误,在过去 20 年他们变得广受欢迎,这就是贝叶斯学派,他们因其观点以 18 世纪数学家托马斯·贝叶斯(Thomas Bayes)所证明的概率论中的一个定理为基础而获得此名。贝叶斯学派认为,说一个得到充分确证的理论的概率为零是不恰当的,他们寻求某种归纳推理,对他们来说,该推理能够产生非零概率,并且可以用某种方式避免本书第四章所描述的那些 175 困难。例如,他们也许能够说明,当计算哈雷彗星或宇宙飞船的轨道时,如何以及为什么可以认为牛顿理论具有很高的概率。本章将对他们的这种观点进行概述和批判性评价。

2. 贝叶斯定理

贝叶斯定理是关于条件概率亦即命题成立的概率的定理,这些概率取决于影响那些命题的证据(因此以之为条件)。例如,某个下注人赋予比赛中的每一匹马获胜的概率,将以这个下注人有关每匹马以前的表现的知识为条件。此外,当有新的证据时,例如,该下注人发现,在进入跑道时,有一匹马大汗淋漓,而且看起来肯定有病,他也可能会根据新的证据修改这些概率。贝叶斯定理是一种根据新的证据来描述概率将如何变化的定理。

在科学范围内的问题是,如何根据证据来赋予理论或假说以概率。我们用 $P(h/e)$ 表示根据证据 e 一个假说 h 所具有的概率,用 $P(e/h)$ 表示在假设假说 h 正确时赋予证据 e 的概率,用 $P(h)$ 表

示在缺乏有关 **e** 的知识的情况下赋予 **h** 的概率,用 $P(\mathbf{e})$ 表示在没有任何关于 **h** 正确的假设的情况下赋予的 **e** 概率。这样,贝叶斯定理可以写作:

$$P(\mathbf{h}/\mathbf{e}) = P(\mathbf{h}) \cdot \frac{P(\mathbf{e}/\mathbf{h})}{P(\mathbf{e})}$$

$P(\mathbf{h})$ 被称作先验概率 (*prior probability*),因为它是在考虑证据 **e** 之前赋予假说的概率, $P(\mathbf{h}/\mathbf{e})$ 被称作后验概率 (*posterior probability*),
176 它是在考虑到证据 **e** 之后的概率。因此,这个公式告诉我们如何根据某种特定的证据来改变一个假说的概率,使之具有某种新的经过修正的概率。

这一公式显示,比例因子 $P(\mathbf{e}/\mathbf{h})/P(\mathbf{e})$ 将根据证据 **e** 修正先验概率 $P(\mathbf{h})$ 。很容易明白这一点是如何与通常的直觉相一致的。因子 $P(\mathbf{e}/\mathbf{h})$ 是对赋予 **h** 以 **e** 如何可能的度量。如果 **e** 是 **h** 的必然结果,那么该因子将获得最大值 1,如果非 **e** 是 **h** 的必然结果,那么该因子将获得最小值 0。(概率值总是在代表确定性的 1 与代表不可能性的 0 之间。)某个证据支持一个假说的程度是与该假说预见该证据的程度成正比的,这一点似乎是非常合理的。比例因子中的除数 $P(\mathbf{e})$ 是在没有假设假说 **h** 正确时,对考虑证据是否可能的度量。因此,如果无论我们是否假设某一假说,证据的某个部分都被认为是极为可能的,那么,当证据被确证时并不会给假说提供有效的支持;而如果证据除非在假设了假说的情况下才会被认为是非常可能的,那么,当证据被确证时假说将会得到高度确证。例如,如果某种新的万有引力理论预见重的物体会落到地面,那么,它不会通过观察一块石头的下落而得到有效的确证,因为无论

如何都可以预料这块石头会下落。另一方面,如果那种新的理论预见万有引力会随着温度而有某种微小的变化,那么,通过发现这种效应,这一理论将得到高度确证,因为如果没有这种新的理论,这种效应会被认为是根本不可能的。

贝叶斯科学理论的一个重要方面就是,总把一些假设当作是理所当然的,并以它们为背景对先验和后验概率进行计算,也就是说,它假设了波普尔所谓的背景知识。因而,例如,当在上一段论述中指出,若 e 是 h 的必然结果, $P(e/h)$ 具有最大值 1, 这时, h 就会被理所当然地认为包含在可获得的知识背景之中了。我们在以前诸章中已经看到,在理论产生出可检验的预见以前,需要用适当的辅助性假设对它们加以论证。贝叶斯学派考虑到了这些因素。通过这种讨论,它假设,概率是以假设的知识为背景计算出来的。

澄清这一点是很重要的,即贝叶斯定理在什么意义上的确是一个定理。尽管我们在这里将不考虑细节,但我们注意到,关于概率的本质,有一些最低限度的假设,它们一起构成了所谓的“概率演算”。这些假设既被贝叶斯学派接受了,同样也被非贝叶斯学派接受了。可以证明,否认它们会有一系列令人不快的结果。例如,可以证明,一个违背概率演算的博弈系统,使得赌注可以被下在一场赌博、比赛或诸如此类的活动的所有可能的结果上,以至于无论有什么结果参与赌博事物的一方或另一方都会赢,从这种意义上说该系统是“不合理的”。(允许这种可能性的投注赔率系统被称之为荷兰赌系统。它们都违背概率演算。)贝叶斯定理可以从构成概率演算的前提中推导出来。从这种意义上说,这个定理本身是

没有争议的。

到此为止,我们已经介绍了贝叶斯定理,并且尝试着指出,它所确定的假说的概率将根据证据而改变的方式,使得人们产生了某些有关证据影响理论的明确的直觉。现在,我们必须加大力度强调所涉及的概率解释的问题。

3. 主观贝叶斯主义

178 在一个有关所涉概率的本质的基本问题上,贝叶斯学派本身有分歧。我们可以把分歧的一方称之为“客观”贝叶斯学主义者。按照他们的观点,概率所呈现的是理性的行为者根据客观的情境应当承认的可能性。我试着用一个赛马的例子来简要地说明他们的立场的要点。假设我们在一场赛马中面对一个参赛者的清单,我们没有得到任何有关参赛马的信息。然后,也许要基于某种“无差异原则”来论证,赋予每匹马获胜可能性之概率的唯一合理方法,就是在参赛者之间平均分配概率。倘若我们开始时具有这些“客观的”先验概率,那么,贝叶斯定理将说明,如何根据任何证据来修改这些概率,这样,由此产生的后验概率也是理性的行为者应当承认的。至少,在科学领域中,有关这种方法的一个重要的且众所周知的问题是,如何赋予假说以客观的先验概率。看起来似乎必然是这样,我们应把某个领域的所有可能的假说都列出来,并且在它们之间分配概率,也许应当运用无差异原则赋予每种假说同样的概率。可是,这样一张清单从什么地方开始呢?也许可以充分地认为,在任何领域中可能的假说的数目都是无限的,而这将导

致每个假说的概率为零,并且贝叶斯游戏无法开始。如果所有理论都具有零概率,那么,波普尔就赢了。有限的假说序列怎么能够获得某种客观的非零先验概率分布呢?我的观点是,这个问题是难以克服的,而且我从当前的文献中得到的印象是,大部分贝叶斯主义者自己也同意这种观点。这样,让我们转向“主观”贝叶斯主义吧。

对于“主观”贝叶斯主义者来说,贝叶斯定理所处理的概率呈现的是主观的信念程度。他们论证说,以此为基础,可以形成对概率理论的前后一致的解釋,而且,正是这种解釋可以对科学作出非常公正的评价。对于他们的部分基本原则,可以借助我在本章开 179
篇的那段论述中所援引的例子来把握。主观贝叶斯主义者论证说,无论把零概率赋予所有假说和理论的论证多么有力,实际情况都并非是:一般人尤其是科学家会把零概率赋予得到了充分确证的理论。我预定到山区去旅行以便观察哈雷彗星这个事实,至少在我这个个案中暗示他们是对的。按照他们的研究,科学家们把许多定律当作是理所当然的。天文学家在应用光的折射定律时以及那些从事空间项目的科学家们在运用牛顿定律时,都毫无疑问,这证明他们赋予了那些定律即使不是等于1、也是接近于1的概率。主观贝叶斯主义者完全把科学家们事实上碰巧所具有的对假说的信念的程度,当作是他们的贝叶斯计算中的先验概率的基础。他们以这种方式避开了波普尔的大意为所有全称假说的概率必然为零的责难。

贝叶斯主义在博弈范围内有很大意义。我们已经注意到,贝叶斯定理可以在概率演算中得到证明,坚持概率演算是避免荷兰

赌的一个充分条件。通过把科学与博弈系统加以严格类比,应用于科学的贝叶斯方法就可以利用这一点。一个科学家对于一个假说的信念的程度,类似于他或她认为某一匹马赢得比赛的可能的几率。在这里,存在着一种可能的导致含糊的来源,有必要处理一下。如果我们坚持与赛马的类比,那么,可以把下注人认为是可能的几率,当作或者是指他们个人信念的主观程度,或者是指实际上在他们的赌博行为中所体现的他们的信念。这些并非必然是同一类事物。由于下注人对跑道变得紧张慌乱,或者,当他们所相信的赔率系统保证能赢一个特别大的赌局时他们不知所措,这时,他们有可能摆脱他们所相信的几率的控制。并非所有贝叶斯主义者在把贝叶斯演算应用于科学时,都会在这些可能的选项中作出相同的选择。例如乔恩·多林(Jon Dorling)在其论文(1979)中把概率当作是对科学实践中所反映出的结果的度量,而豪森和 P. 乌尔巴赫(P. Urbach)在他们的著作(1989)中则把概率当作是对信念的主观程度的度量。对于前者来说,要认清在科学实践中什么意味着与赌博行为相对应,存在着困难。而像豪森和乌尔巴赫那样把概率看作是信念的主观程度,至少有这样一个优势,即可以明确概率所指的是什么。

尝试根据科学家的主观信念来理解科学和科学推理的做法,对于那些寻求对科学的客观说明的人来说,似乎是一种令人失望的偏离。豪森和乌尔巴赫对这种指责作出了回答。他们坚持认为,贝叶斯理论构成了一种客观的关于科学推理的理论。亦即,给定一组先验概率和某种新的证据,贝叶斯定理会以一种客观的方式确定,根据那一证据新的后验概率必定会是什么。在这方面,贝

叶斯主义与演绎逻辑之间没有什么区别,因为逻辑对构成演绎前提的命题无能为力。它只规定了一旦给出那些命题,将会从命题中推导出什么。可以把贝叶斯主义者的辩护看作是更进了一步。可以证明,科学家个人的信念,无论一开始有多么大的差异,只要有适当的证据输入,都可以趋于一致。很容易通过一种日常的方式了解,这种情况最终是怎样发生的。假设有两个科学家,他们一开始对某一假说 h 可能正确有很大分歧,该假说可以预见在其不正确时预料不到的实验结果 e 。其中一个赋予 h 以很高概率的人与那个赋予 h 以较低概率的人不同,他将认为 e 并非是完全不可能的。因此, $P(e)$ 对于前者来说具有较高的值,而对于后者来说则具有较低的值。假设现在 e 通过实验得到了确证。每一个科学家都将根据因子 $P(e/h)/P(e)$ 来调整 h 的概率。不过,由于我们假设 e 是 h 的必然结果, $P(e/h)$ 等于 1, 比例因子就等于 $1/P(e)$ 。因此,一开始赋予 h 以较低概率的科学家,相对于一开始赋予 h 以较高概率的科学家来说,将会用一个更大的因子来提高那个概率。随着更多正面的证据出现,原来的怀疑者不得不提高概率值,以至于最终该值会逼近已经深信不疑的科学家所赋予的概率值。贝叶斯学派以这种方式论证说,可以使有广泛差异的主观见解以一种客观的方式对证据作出回应,最终趋向一致。

181

4. 贝叶斯公式的应用

贝叶斯主义者希望保持并支持科学中的典型的推理模式,前一段论述已经对他们的这种处事方式给予了明确的预示。在本节

中,我们将举出更多一些有关贝叶斯主义发挥作用的例子。

在以前诸章中,我们已经指出,当根据实验检验一个理论时,有一种收益递减律会起作用。一旦一个理论曾经被一项实验确证,科学家们就不会认为,在同样的条件下重复同样的实验,会像第一次实验那样对理论的确证达到同样高的程度。贝叶斯学派能够很容易地说明这一点。如果理论 T 预见到实验结果 E , 那么概率 $P(E/T)$ 为 1, 这样, 根据正面的结果 E 而使概率 T 增加的因子则为 $1/P(E)$ 。这个实验每成功地完成一次, 科学家就更可能预计这个实验在以后还会再次成功。也就是说, $P(E)$ 将会增加。因此, 随着每一次重复, 这个理论的正确性的概率的增加幅度将会愈来愈小。

还可以根据历史事例, 阐述其他支持贝叶斯方法发表的论点。的确, 我认为, 正是由于贝叶斯学派对科学史个案的处理, 使得从乔恩·多林(1979)开始的近年来他们方法的运气上升的趋势, 有了一个很关键的理由。在我们对拉卡托斯方法论的讨论中, 我们注
182 意到, 按照那种方法论, 重要的是一个纲领的确证, 而不是其显见的否认, 对于纲领的否认, 应受责备的是保护带中的假说, 而不是硬核。贝叶斯学派的主张有能力获得这种策略的基础。通过关注豪森和乌尔巴赫(1989, 第 97—102 页)所利用的一个历史事例, 我们来看看这一学派是怎么做的。

这个例子涉及威廉·普劳特(William Prout)于 1815 年提出的一个假说。相对于氢原子的重量来说, 化学元素的重量一般都接近于整数, 这个事实给普劳特留下了深刻的印象, 他猜想, 元素的原子是氢原子数目的整数倍。也就是说, 普劳特把氢原子看作是起

着最基本的建筑石块的作用。问题是,对普劳特及其信徒们的合理回答是,(按照 1815 年测量的结果)所发现的氯相对于氢的原子量是 35.83,亦即不是一个整数。贝叶斯学派的策略是,选定一些概率,它们能够反映普劳特及其信徒们也许会赋予他们的理论及其背景知识的相关方面的先验概率,然后运用贝叶斯定理来计算,这些概率将如何根据有疑问的证据即氯的非整数原子量的发现而改变。豪森和乌尔巴赫试图说明,在这样做过程中所得出结果是,普劳特假说的概率只下降了一点,而相关测量的准确性的概率却有了引人注目的下降。由此看来,普劳特完全有理由保留他的假说(硬核)并且责备测量过程的某个方面(保护带)。看起来,这似乎已经为在拉卡托斯的方法论中出现的、没有任何根据的“方法论决策”提供了明晰的基础。此外,在这方面仿效多林的豪森和乌尔巴赫,似乎为所谓的“迪昂—奎因问题”提供了一个普遍性答案。面对一个假设之网的某个部分会因显见的否认而受责这个问题, 183 贝叶斯学派的回答是,提供适当的先验概率并计算出后验概率。这些将表明那些假设降到了一个较低的概率,因此,这些假说应予以放弃,以便使未来有最大的成功的机会。

在普劳特这个个案中以及贝叶斯学派所提供的其他事例中,我都不会仔细考察计算的细节,但我至少要进行充分的叙述,以便给计算的方式增添一些情趣。对于普劳特的假说 h 以及氯具有非整数的原子量这一证据 e 的效应,按照赋予假说的概率,将在可获得的知识背景 a 中作出判断。在背景知识中,最为相关的部分是对可获得的测量原子量的技术的信心,以及对所使用的化学试品的纯度的信心。需要对有关 h 、 a 和 e 的先验概率进行估计。

豪森和乌尔巴赫基于他们对历史证据的估计，即普劳特学派非常相信他们的假说正确，估计 $P(h)$ 的值为 0.9。他们对 $P(a)$ 的估计稍微低一些，仅为 0.6，其理由一方面是化学家们认识到试品不纯的问题，另一方面是对特定元素的原子量的不同测量的结果存在着差异。对概率 $P(e)$ 的确定是基于这一假设，即 h 的替代选项是原子量的任意分布，因此，例如假设氯的原子量在某个单位区间是任意分布的，它在 100 次机会中有一次为 35.83，那么，基于这些理由，赋予 $P(e/\text{非 } h \& a)$ 的概率值为 0.01。把这些以及少数其他诸如此类的概率估计输入到贝叶斯定理之中，分别产生了 h 和 a 的后验概率 $P(h/e)$ 和 $P(a/e)$ 。前者的结果为 0.878，后者为 0.073。请注意，普劳特假说 h 的概率仅从原来估计的 0.9 下降了一个很小的量，而对测量可靠性的假设 a 的概率引人注目地从 0.6 下降到 0.073。豪森和乌尔巴赫得出的结论是，普劳特学派对

184 此的合理反应，就是保留他们的假说而对测量提出怀疑。他们指出，只要输入计算的数字像历史文献一样所表现的那样正确地反映了普劳特学派的态度，那么，几乎没有什么人是依这些数字的绝对值而定的。

贝叶斯方法可用来对特设性假说不受欢迎以及相关问题的某些标准说明提出批评。在本书前面的部分，我根据波普尔的观点指出了这样一种观念，即特设性假说是不受欢迎的，因为独立于导致对它们的系统阐述的证据，就无法对它们进行检验。与此相关的一种观念是，用来构造一种理论的证据不能再用来作为证明它的证据。从贝叶斯主义的观点看，尽管这些观点有时候能对理论是如何被证据充分确证的提出一些适当的回答，但它们也会陷入

迷途,而且,作为它们基础的基本原则被误解了。贝叶斯学派试图以下述方式做得更好一些。

贝叶斯学派承认这样一种公认的观点:用各种不同的证据比用某一特定的证据,能够更充分地确证一个理论。贝叶斯学派有一个基本原则明确地解释了为什么情况会是这样。它的论点是,用单一的一种证据确证某一理论,在效果方面存在着收益递减。这一点来自于这个事实:这个理论每被这个证据确证一次,表达对它将来还会被确证的信念程度的概率会逐渐增加。相比之下,一个理论被某个新证据确证的先验概率可能是相当低的。在这些情况下,一旦确证出现,就把它的那些结果输入贝叶斯公式,将会导致赋予该理论的概率有很大的增加。因此,独立证据的重要性是无可争辩的。不过,豪森和乌尔巴赫论证说,从贝叶斯学派的观点看,如果把假说当作特设性的东西而抛弃,那么,缺乏独立的可检验性并不是这样做的正当理由。此外,他们否认用于构造一个理论的观察事实不能用来确证该理论。 185

以缺乏独立的可检验性为借口排除特设性假说的尝试所遇到的主要困难是,这种做法太缺少说服力,而且它以一种至少与我们的直觉相冲突的方式接纳了一些假说。例如,我们来考虑一下伽利略的对手的尝试,在面对伽利略对月相和环形山的观察结果时,他提出,有一种透明的水晶般物质把可观察的月球包裹起来了,他试图通过这种方式来维护他关于月球是一个球体的假设。这种修正是无法用独立可检验性原则来排除的,因为它是可独立检验的,这种独立可检验性已得到了这一事的证明:在不同的月球登陆过程中并没有体验到来自任何此类水晶球的干扰,这就把

该假设否证了。格雷格·班福德(Greg Bamford)在其论文(1993)中已经指出了这一点,并且指出了波普尔传统的哲学家们在定义特设性概念的诸多尝试中所遇到的一系列困难,而且他认为,他们是在试图为一种事实上只不过是常识的观念提出一个专业概念的定义。尽管班福德的批评不是从贝叶斯学派的观点出发的,但豪森和乌尔巴赫论的反应是类似的,因为他们都认为,特设性假说被拒绝仅仅是因为它们被认为是似是而非的,并且因此只获得了很低的概率。假如一个理论 t 由于某种有疑问的证据而遇到了麻烦,并且通过增加假设 a 而得到了修改,这样,新的理论 t 应为(t & a)。那么概率论的直接结果是, $P(t \text{ \& } a)$ 不可能大于 $P(a)$ 。这样,从贝叶斯学派的观点来看,修改后的理论仅仅由于 $P(a)$ 是不可能的而被赋予了较低的概率。伽利略对手的主张是难以置信的,就此而言他的理论可以被拒绝。再没有别的理由了,而且也不需要别的理由了。

186 现在我们转向利用观察事实构造理论以及否认可以把这些观察事实看作是支持该理论的情况。豪森和乌尔巴赫(1989, 第275—280页)提出了一些反例。设想有一个坛子中装了一些筹码,并且想象,我们开始时假设所有这些筹码都是白的,没有一个是其他颜色的。假定我们现在从坛子中1000次取出筹码,每取一次后,都把筹码放回去并且摇一摇这个坛子,结果是有495个白筹码。然后,我们再把我们的假说调整为:坛子中装的白筹码和有其他颜色的筹码的数目是相同的。这是一个修改过的关于同等数目的假说,用来构造它的证据是否会对这个调整后的假说提供支持?豪森和乌尔巴赫合理地指出,会得到支持,并且说明了从

贝叶斯学派的立场看为什么情况是如此。如果同等数目假说是错的,那么,在使同等数目假说之概率的增加成为取出 495 个白筹码的实验之结果方面,关键的因素就是取出这个数目的筹码的概率。一旦承认那个概率是很小的,就可以直接从贝叶斯演算中得出确证同等数目假说的实验的结果,即使该假说是用来解释该观察事实的。

有一种常常针对贝叶斯方法的权威批评确实对它的某些类型造成了打击,但我认为豪森和乌尔巴赫为之辩护的那种类型的贝叶斯方法可以反驳这种批评。若想能够评价 $P(e)$,亦即正在考虑的某个证据的先验概率,就必须使用贝叶斯定理。在考虑假说 h 的范围内,把 $P(e)$ 写作 $P(e/h) \cdot P(h) + P(e/\text{非 } h) \cdot P(\text{非 } h)$ 是很方便的,这在概率论中是完全等同的。贝叶斯学派必须能够估计假设假说正确的证据的概率,如果证据是假说的必然结果,概率完全可能为 1,如果假说是错的,他们还必须能够估计证据的概率。有疑问的是后一个因素。看起来,必须根据所有假说而不是 h 来估计证据的可能性。这看起来是一个很大的障碍,因为任何一个特定的科学家都不可能知道的 h 所有可能的替代者,尤其是,正如有人已经指出的那样,如果其中必须包括尚未发明的假说,情况就更是如此。豪森和乌尔巴赫可能接受的回答是,在他们的贝叶斯演算中坚持概率所代表的是个人概率,也就是说,这些概率事实上是个人赋予不同命题的。根据 h 的替代选项使得某个证据为真的概率值,是由某个科学家根据恰好该科学家所知道的假说(当然不包括尚未发明的假说)确定的。因此,例如,在处理普劳特这个个案时,豪森和乌尔巴赫只考虑了普劳特假说的唯一替代选项,即这一

假说：原子量是任意分布的，他们所基于的历史证据大致来说是，那就是普劳特学派认为的替代选项。正是由于他们这样彻底地转向了主观概率，使得豪森和乌尔巴赫可以避免这里所提出的这个特定的问题。

在我对贝叶斯学派之科学分析的基本要素的描述中，我把注意力主要集中在豪森和乌尔巴赫所概述的立场上，因为在我看来，它是一种最具有一致性的见解。对概率的解释是以科学家实际持有的信念的程度为根据的，由于这种方式，他们的体系能够赋予理论和假说以非零概率，它对概率如何根据证据而变化作出了确切的说明，而且它能够被许多人视为科学方法之关键特征的东西提供一项基本原则。豪森和乌尔巴赫用历史个案研究装饰了他们的体系。

5. 对主观贝叶斯主义的批评

正如我们业已看到的那样，主观贝叶斯主义，亦即把概率一贯理解为科学家实际持有的信念的程度的观点，具有这样一种优势：它能够避免许多问题，而这些问题困扰着寻求某种客观概率的其他贝叶斯学派的说明。对于许多人来说，接受主观概率无异于为了能够赋予理论以概率而付出高昂的代价。一旦我们像例如豪森和乌尔巴赫力劝我们去做的那样，把概率当作是信念的主观程度，那么，一系列不幸的结果将会随之而来。

贝叶斯演算被描述为一种客观的推理方式，可用来根据所给出的证据把先验概率转换为后验概率。一旦我们以这种方式看待

问题,就会得出这样的结论:科学中相互竞争的研究纲领、范式或诸如此类的东西的倡导者之间的分歧,是通过科学家的(后验)信念反映出来的,这些分歧的根源必然在于科学家所支持的先验概率,因为证据被看作是已知的,而推理被认为是客观的。但是先验概率本身完全是主观的,而且没有经过批判分析。它们仅仅反映了每一个科学家碰巧所拥有的信念的不同程度。结果是,对于我们当中的有些人来说,由于他们所提出的问题涉及相互竞争的理论的相对价值是什么,以及在什么意义上可以说科学是进步的,因而他们将无法从主观贝叶斯主义者那里得到有关我们这些问题的答案,除非我们满足于这样一种回答,这种回答将诉诸科学家个人一开始碰巧就持有的信念。

如果主观贝叶斯主义是理解科学及其历史的钥匙,那么,为获得这种理解我们必须得到的最重要的信息源,就是科学家实际或曾经持有的信念的程度。(下面将要讨论,另一个信息源是证据。)因此,例如,对光的波动说优于光的粒子说的理解,就需要,比如,有关引起菲涅尔和泊松在19世纪30年代初叶之争论的信念程度的知识。这里有两个问题。一个问题是,要获得一种有关这些私人的信念程度的知识。(请读者回忆一下,豪森和乌尔巴赫对私人信念与行动进行了区分,而且他们强调,他们的理论处理的是私人信念,因此我们不能从科学家们所做之事甚或所写的著作中来推断他们的信念。)第二个问题是,这种观念是令人难以置信的,即为了把握譬如说在什么意义上光的波动说是其以前理论的改进,我们必须了解这些私人信念。当我们集中关注现代科学的复杂性以及它在多大程度上涉及合作研究时,这个问题就变

得更为尖锐了。(请读者回忆一下我在本书第八章中与建造大教堂的工人所作的比较。)彼得·加里森(1997)关于现代基本粒子物理学的本质的说明,提供了一个极端而生动的例子,这一领域运用了非常深奥的数学理论,以便通过实验研究对世界产生影响,而实验研究涉及复杂的计算机技术以及一些仪器设备,这些设备的操作需要最新的工程学知识。这种情况下,任何单独的一个人都不可能掌握这种复杂工作的所有方面。理论物理学家、计算机程序设计师、机械工程师和实验物理学家都有他们各自的技能,可用来为一项合作的事业服务。如果这项事业的进步性被理解为集中体现在信念的程度上,那么,我们应该选择谁的信念程度,而且为什么这样选择呢?

在豪森和乌尔巴赫的分析中,信念依赖于先验概率的程度是问题的另一个来源。看起来似乎是,假如一个科学家一开始就非常强烈地相信他或她的理论(而且在主观贝叶斯主义中,没有什么妨碍人们的信念达到如其所愿的那种强烈程度),那么,这种信念不可能被任何与之对立的证据所动摇,无论这个证据可能多么强有力、范围多么广泛。普劳特研究事实上已经说明了这一点,而豪森和乌尔巴赫正是利用这一研究来支持他们的观点的。回想一下,在那个研究中我们假设,对于他们的理论即原子量是氢原子量的190 190 的倍数,普劳特学派开始时赋予 0.9 的先验概率,对于原子量的测量相当准确地反映了原子的实际重量这一假设,他们赋予 0.6 的先验概率。根据氯原子的原子量为 35.83 这个值计算出的结果,普劳特理论的后验概率为 0.878,实验可靠之假设的后验概率为 0.073。因此,普劳特学派坚持他们的理论而拒绝这个证据是正确

的。我在这里要指出,导致普劳特假说的原始诱因是许多原子的原子量而非氯的原子量接近于整数,对这些原子量的测量所使用的技术,最终却被普劳特学派认为是如此不可靠,以至于他们觉得有理由认为该技术的可靠性的概率仅为 0.073! 这难道不说明,如果科学家们一开始就非常教条,他们可能会抵制任何相反的证据? 就此而言,主观贝叶斯学派无法以任何方式辨别出这种活动是有害的科学实践。对于先验概率无法加以判断。必须把它们理解为就是既定的。正像豪森和乌尔巴赫(1989,第 273 页)自己所强调的那样,他们“没有义务使人们用来确定先验概率的方法合法化”。

就贝叶斯学派把概率等同于科学家事实上碰巧持有的信念的程度而言,他们似乎反驳了波普尔的所有理论的概率必然为零的主张。然而,贝叶斯学派的立场并非那么简单。因为贝叶斯学派必然要指出那些反事实的概率的归属,因而不可能简单地把它们看作是与实际持有的信念的程度等同的。我们以过去的证据怎样才能对一个理论有价值为例。假设对水星轨道的观察先于爱因斯坦的广义相对论几十年,那么,这些观察怎样才能被看作是对该理论的确证? 要根据这个证据来计算爱因斯坦理论的概率,主观贝叶斯主义者首先需要提供这样一种概率的测量结果,即一个爱因斯坦的支持者在没有爱因斯坦理论知识的情况下,可能赋予水星轨道运动的概率。这个概率不是对一个科学家实际持有的信念的 191 程度的测量,而是对如果他们不知道他们事实上知道的知识时他们可能持有的信念的程度的测量。信念的这些程度的状态,以及人们如何评价它们的问题,说得婉转些,又提出了一些重要的

问题。

我们现在转向主观贝叶斯主义所讨论的“证据”的本质。我们曾经把证据当作已知的，可以把它输入贝叶斯定理，从而使先验概率转变为后验概率。然而，正如本书最初几章业已阐明的那样，科学中的证据远非是直接获得的。豪森和乌尔巴赫(1989, 第272页)所持的态度是很明确的，而且是与他们总的方法完全一致的。

我们所提出的贝叶斯理论是一种从观察事实进行推理的理论；对于接受这种观察事实是否正确，以至你对这种观察事实的信奉是否是绝对的，我们没有什么可说的。也许接受这种事实是不正确的，或者你对它的信奉不是绝对的，而且，你依赖你实际信任的这种观察事实也可能是愚蠢的。贝叶斯的证明理论是这样一种理论，它说明，实际接受某种证据命题为真会对你关于某个假说的信念产生怎样的影响。从这种理论来看，你最终怎样接受该证据为真或者你接受该证据为真是否正确，完全是无关的问题。

从那些旨在撰写一部有关科学推理的著作的人的观点来看，这无疑是完全不可接受的。难道我们不寻求对可算是科学的适当证据的东西进行说明吗？当然，一个科学家会对某种可作为证据的主张作出反应，但这种反应并不是表现为，问一问提出这一主张的科学家有多大的说服力能令他或她相信，而是表现为寻求有关产生这一证据的实验之本质的信息，关于应该预防什么的信息，

以及如何估计错误的信息等等。一个完备的科学方法理论,无疑必须对在什么环境下可以认为证据是适当的作出说明,而且能够具有一些科学中的经验研究应当达到的精确的标准。的确,实验 192 科学家有许多拒绝伪劣作品的方法,但他们的拒绝不是诉诸信念的主观程度。

尤其在对批评进行回应时,豪森和乌尔巴赫强调了先验概率和需要输入贝叶斯定理中的证据这二者作为信念所具有的主观程度的范围,而对于这一点,主观贝叶斯主义什么也没说。可是,在什么程度上可以把他们观点的其余部分称之为一种关于科学方法的理论?所剩下的部分就是一个关于概率演算的定理。假设我们向豪森和乌尔巴赫让一步,承认这个定理像他们解释的那样的确是一个有着与演绎逻辑类似地位的定理。那么,这种大方的让步就会显示出他们的观点的局限性。他们的科学方法理论告诉我们,科学和观察一样是受演绎逻辑支配的。至少,绝大多数科学哲学家会毫无疑问地承认,科学把演绎逻辑看作是理所当然的,但他们可能希望得到更多的东西。

6. 补充读物

多林的文章(1979)是一篇非常有影响的论文,它对主观贝叶斯主义的现代趋势进行了论述,豪森和乌尔巴的著作(1989)就是这种趋势的一个坚持不懈的和明显的例子。P. 霍里奇(P. Horwich)的著作(1982)是根据主观概率理解科学的另一个尝试。R. D. 罗森克兰茨(R. D. Rosenkrantz)的著作(1977)试图发展贝叶斯

学派用客观概率对科学的说明。J. 埃尔曼(J. Earman)的著作(1992)为贝叶斯学派的纲领进行了批评性的但很专业的辩护。迈约的著作(1996)对贝叶斯学派进行了持续的批评。

第十三章 新实验主义

193

1. 引言

如果我们认为贝叶斯主义关于科学推理的说明是失败的,我们仍然无法根据对它关于科学知识的观点有什么不同之处的表征提供更多的东西。波普尔强调观察依赖理论,而且理论总是在一定程度上超越证据的,因而绝不可能是从证据中推导出来的,以此对实证主义和归纳主义提出了疑问。波普尔的科学观是以这种观念为基础的:最好的理论能够经受住最严格的检验而保留下来。然而,对于在什么时候应当认为一个理论而不是背景知识的某个要素要为失败的检验负责,他的说明无法提供明晰的指导,而且也不能对恰好经受住检验的理论提供充分肯定的说明。我们所讨论的后来的尝试,都比波普尔更进一步强调了对理论的依赖的观念。拉卡托斯引入了研究纲领概念,并且认为保留或拒绝它们都是根据一些常规决策,这些决策是,例如,对于显见的否认,应责备辅助性假设而不是那些作为硬核的原则。不过,他无法为这些决策提供理由,而且在任何情况下这些决策都非常缺乏说服力,以至于无法详细说明应在什么时候放弃一个研究纲领转而支持另一个纲

194 领。库恩引入的是范式概念而非研究纲领，因而也就引入了科学中依赖范式的观念，这种观念比波普尔的依赖理论的观念走得更远，以至于在明确回答从什么意义上可以说一个范式是对被它取代的范式的改进这个问题时，他甚至比拉卡托斯更糟糕。可以认为，费耶阿本德把依赖理论的态度推向了极端，基于这种观念，他把科学中的特别方法和标准一同放弃了，并且和库恩一起把相互竞争的理论描述成不可公度的。也可以把贝叶斯主义者看作是我称之为依赖理论的传统的一部分。因为对他们来说，为判断科学理论的价值而提供信息的背景理论假设，是通过先验概率引入的。

对于一个哲学家群体来说，困扰当代科学哲学的一系列问题，是在从其根本上处理向极端的依赖理论观念转向时将面临的问题。尽管他们不希望返回到实证主义的这一思想，即感官总能为科学提供一个没有疑问的基础，但他们确实寻求从实验而非从观察中为科学寻找一个相对可靠的基础。我将按照罗伯特·阿克曼(1989)的观点，把最近的这种趋势称之为“新实验主义”。用伊恩·哈金的话说，按照其倡导者的观点，实验可能有一种独立于大范围理论的“它自己的生命”。按照论证，实验家们对证实实验效应的实在性有许多实际的策略，而无需依靠大范围理论。此外，如果科学进步被看作是牢固地建立在实验知识的基石之上的，那么，科学进步是累积式的思想就可以保留下来，而不会受到这样一些主张的威胁，这些主张的大意是，存在着涉及大范围理论的变迁的科学革命。

2. 有自己生命的实验

我们的这一节从基本上选自 D. 古丁(D. Gooding)的著作(1990)中的一段历史叙述开始。1820 年夏末有关 H. C. 奥斯特(H. C. Oersted)发现的报告传到了英国,奥斯特发现,载流电线中的磁效应会以某种方式在电线中循环。法拉第进行了实验,对这种主张的意义作了澄清,并且进一步发展了这种思想。在几个月的时间中,他事实上建造出了一台原始的电动机。一个圆柱形的玻璃管的顶部和底部被软木塞塞住。一根电线从顶部的软木塞的中央穿过,进入玻璃管中,电线的末端有一个钩,在这里垂直悬挂着第二根电线。一个软铁棒经过底部的软木塞伸入玻璃管的下方,那第二根电线的下端可以自由地围绕软铁棒的顶端旋转。通过底部软木塞上的汞池,使可摇摆的电线的下端与铁心保持着电接触。为了启动这台“电动机”,把一根磁棒的一极置于从底部软木塞伸进来的铁心的末端附近,通过一个电池使一根导线把铁心与从顶部软木塞伸进来的电线相连。随之而出现的电流会导致那根可摇摆的电线的下端围绕磁化的铁心旋转,同时会维持与汞的接触。法拉第很快给他在欧洲各地的竞争者们送去了这种装置的样品,并且配备了如何使它运转的说明书。他向他们指出,他们可以改变与电池的连接方向或者把磁铁颠倒过来,使旋转的方向改变。

认为法拉第的这一成就是依赖理论的并且是可错的,这是否有益或适当呢? 只可以从一种很不充分的意义上说它是依赖理论

的。法拉第在欧洲大陆的竞争者们如果不知道磁铁、汞和电池为何物，他们可能无法理解他的说明。但这只能算作是对极端经验主义者的以下观念的反驳，即事实必须是被进入头脑中的感觉资料直接证实的，若没有这些感觉资料，人们便一无所知。没有人需要否认这样的主张：一个无法说出一块磁铁与一根胡萝卜之间区别的人，不能对什么可算是电磁学中已被证实的事实作出评价。在“胡萝卜不是磁铁”成为了一种理论这样一种一般的意义上使用“理论”这个术语，肯定是不恰当的。此外，把所有论述都解释为是“依赖理论”的无助于把握诸如法拉第和 A. M. 安培 (A. M. Ampere) 之间的真正差异。众所周知，法拉第寻求根据从带电物体和磁铁发出并充满了它们周围的空间的力线来理解电磁现象，而欧洲大陆的理论家认为电流是栖息于绝缘体中并且通过导体流动，电流中的要素彼此都是超距作用的。这些理论都有一定的风险，而对法拉第电动机的评价，从这样一种评价取决于是否接受或者熟悉某一种竞争理论的意义上说，不是“依赖理论”的。在当时的电磁学中，法拉第电动机引起了一种得到实验证实的理论中立的效应，对此，所有电磁学理论都不得不予以考虑。

认为法拉第的电机效应是可错的也没有什么助益。确实，有时候由于磁体的磁场太弱，或者，由于电线在汞中浸没的部分过多以至于汞的阻力太大使得它无法旋转，抑或其他什么原因，法拉第的电动机无法运转。因此，“在一符合法拉第描述的实验安排中所有电线都能够旋转”这个命题是错误的。但这只不过是表明，试图用这种类型的全称命题来把握法拉第发现的本质是不适当的。法拉第发现了一种新的实验效应，通过建造他的一种能够运转的装

置证明了它,并且为他的竞争对手提供了说明书,使他们能够造出也能运转的这种装置。偶尔的失败既不值得惊讶,也没有什么重要意义。今天人们会接受的有关法拉第电动机的理论解释,在一些重要方面与法拉第和安培所提出的解释有所不同。但情况仍然是,法拉第电动机通常是能运转的。很难理解未来的理论发展如何导致这样的结论,即电动机不能运转(尽管未来发现的另一种实验效应也许会使它们显得很陈旧)。以这种方式看,能够在某种受控方式下产生的实验效应不是可错的,这些效应在这里是永久存在的。此外,如果我们根据这些效应的积累来理解科学进步,那么,我们就有了一种不依赖理论的对科学发展的理解。

197

第二个例子对这种看待问题的方式提供了进一步的支持。杰德·布赫瓦尔德(Jed Buchwald)对海因里希·赫兹的实验生涯的详细研究(1989),显示了赫兹在什么程度上试图引发新的实验效应。他提出的某些主张与一般公认的观点并不一致。很容易说明为什么会如此。赫兹通过 H. 冯·亥姆霍兹(H. van Helmholtz)学习到了电磁学理论,并且依据亥姆霍兹的理论框架来看问题,这种框架是当时探讨电磁学的几种理论方法之一[它们的重要替代者是 W. 韦伯(W. Weber)的理论和麦克斯韦的理论]。只有在赫兹对其实验的理论解释的具体细节得到了正确评价和辩护的情况下,才能对他的实验发现所引起的新效应作出正确评价和辩护。这些结果是高度依赖理论的,一个新实验主义者也许会充分地论证说,这一点恰恰是它们没有被普遍认为是引起了新的效应的原因。如果赫兹产生了他的电波,情况就会有天壤之别。对这种波的存在证明,可以不依赖一般理论获得承认的方式。赫兹可以用一种受控

的方式展示这种新的效应。他准备了驻波,并且说明,小火花计数器显示,在波腹处发出的火花最大,而在波节处则没有发出火花。正如布赫瓦尔德在试验时所发现的那样,得到这样的结果绝不是件容易的事,而且这些结果也难以重复。不过,我并非主张实验是容易的。我只是主张,对于实验证明了一种用实验产生的新现象的存在这一事实,可以在无需求助于一种或另一种竞争的电磁学理论的情况下作出正确的评价,这个主张从赫兹电波迅速获得了所有阵营的承认这一现象中得到了证明。

因而,可以在独立于高层次理论的情况下获得受控实验的效
198 应并对之进行评价。新实验主义者以类似的语气可以表明,实验者可以用来证实他们的主张的策略是很多的,而这些策略无需诉诸高层次理论。例如,我们来考虑一下,一个实验家也许会用一种仪器证明,某个特定的观察所呈现的是某种真实的而非人造的现象。伊恩·哈金(1983,第186—209页)关于利用显微镜的故事充分说明了这一点。在一块玻璃上蚀刻网格,配有一些带标号的方块,然后通过照相术将网格缩小到看不见的程度。通过显微镜可以看到缩小的网格,显微镜可以显示网格以及所配有的带标号的方块。这已经令人信服地显示,显微镜有放大能力,而且其放大能力是可以信赖的——顺便说一句,这是一个不依赖关于显微镜工作原理的理论的一个论据。我们现在来思考一个生物学家使用电子显微镜来观察放在我们的网格上的红色的血小板。(在这里,哈金报告了一个科学家告诉他的真实事件的结果。)可以在细胞中观察到一些稠密的物质。科学家想知道,这些物质是血液中还存在的还是仪器的人为现象。(他猜测是后者。)他注意到,网格上带标号

的方块中有这些稠密的物质。接下来他通过一台荧光显微镜来观察他的样本。同样的物质再次出现在网格的相同位置。所观察到的东西呈现的是血液中的物质而不是人为现象,对此能有什么怀疑吗?若使这种论点具有说服力,所需要的全部信息就是,有关这两种显微镜按照完全不同的物理学原理工作的知识,如果它们是按照不同的物理学原理工作,那么就可以认为,它们二者产生相同的人为现象的机会是微乎其微的。这种论点并不需要关于其中任何一种仪器如何工作的详细的理论知识。

3. 黛博拉·迈约论严格的实验检验

黛博拉·迈约是一个科学哲学家,她(1996)曾试图以一种严格的哲学方法来把握新实验主义的含义。迈约把注意力集中在实验 199 以什么样的具体方式来验证那些主张,并且关注对这些问题确定:到底是哪些主张被证明了以及它们是如何被证明的。作为其探讨之基础的一个关键思想是,对于一个主张,只有在该主张可能错误的各种情况得到了研究并且被排除了之后,才能说它得到了实验支持。只有当一个主张经受住严格的实验检验后,才能说它被实验证明了,而按照迈约精彩的说明,对某一主张的严格检验必须是该主张若为错误便不可能通过的检验。

可以用一些简单的例子来说明她的思想。假设对斯涅耳(W. van R. Snell)关于光的折射定律进行了一些非常粗略的检验,以至于把很大限度的差错都当作是对入射角和折射的测量结果,并且假设,在这些错误的限度范围内,结果被证明是与该定律相符合

的。这个定律是否得到了对它的严格检验的支持？从迈约的观点来看，答案是“否”，这是因为，由于测量很粗略，即使折射定律错误而某个与斯涅耳定律没有太大区别的定律正确，它也很有可能通过这个检验。我在日常教学中进行的一个测验可以用来说明这一点。我的学生们进行了一个不太仔细的检验斯涅耳定律的实验。然后我向他们介绍了一些古代和中世纪就已经提出来的其他的折射定律，这些定理都早于斯涅耳定律的发现，我请学生们把他们用来检验斯涅耳定律的测量，用于对这些定律的检验。由于他们把很大范围的误差都当作是他们测量的结果，所有这些定律都通过了检验。这很明确地显示，上述这些检验并没有构成对斯涅耳定律的严格检验。即使那个定律错误而历史上的某个其他定律正确，它也能通过检验。

第二个例子进一步说明了迈约的观点以之为据的基本原则。

200 今天早晨我喝了两杯咖啡，下午我感到头疼。“我早晨喝的咖啡导致了我的头疼”这一主张是否因此而得到确证了呢？迈约的观点抓住了为什么答案是“否”的理由。在可以说这个主张经过了严格的检验并因此得到了确证之前，我们必须排除各种该主张可能是错误的情况。也许，我的头疼是因为我昨天晚上喝了非常浓烈的越南啤酒，或者是由于这个事实，我起得太早了，我发现这一节非常难写，等等。如果要证实喝咖啡与头疼之间的因果联系，那就必须进行受控实验，该实验用来可排除其他可能的原因。我们必须证实一些除非咖啡确实引起了头疼否则根本不可能出现的结果。只有排除了错误的可能来源，并且除非一个主张正确否则便不可能通过检验，在这样的情况下一个实验才能构成对该主张的支持。

可以用这种简明的思想以一种适当的方式来把握关于实验推理的通常直觉,而且迈约把这种思想扩展了,以便提供一些新的洞见。

我们来考虑一下我用一个例子所说明的所谓“附加悖论”。我们设想,通过对一颗彗星的运动细心的观察,并且仔细排除了由于来自附近行星的引力以及来自地球大气层的折射等等可能造成的错误源,使牛顿理论 T 得到了确证。假设我们通过把诸如“翡翠是绿色的”这样的命题附加在牛顿理论上而构造出理论 T' 。 T' 是否会被对彗星的观察确证呢? 如果我们持有这样的观点:倘若一个预见 p 是一个理论的必然结果并且得到了实验证明,它将确证该理论,那么, T' (以及许多以类似方式构造的理论)将得到上述的观察的确证,这与我们的直觉是相反的。因此,出现了“附加悖论”。然而,从迈约的观点看 T' 并没有得到确证,因此“悖论”被消除了。有了我们关于排除可能的错误源的假设,我们就可以说,除非牛顿理论正确,否则彗星的轨道不可能确证牛顿的预见。但对于 T' 不能这样说,因为即使翡翠是蓝色的因而 T' 是假的,而彗星确证牛顿预见的可能性也许仍然完全不变。 T' 之所以没有被上述实验确证,是因为那个实验没有查明“翡翠是绿色的”可能为假的各种情况。对彗星的观察可以严格地检验 T 但不能检验 T' 。

迈约把这种推理方法扩展到一些不同寻常的事例。她热衷于验证这样一些理论结论,它们的获得超出了保证能得到的实验证据,她试图通过这样的验证来确保对理论沉思的核查。她分析了爱丁顿对爱因斯坦的光在引力场中会发生弯曲这一预见的检验,她的分析说明了这一点。

爱丁顿利用一次日食来观察一些恒星的相对位置,这些恒星

处在这样的位置上，它们的光在传播到地球的途中会接近太阳。他把这些相对位置，与这一年后来所观察到的那些恒星不再与太阳排成一行时的位置进行了比较。他发现了可测量到的差异。通过考察日食实验的细节，迈约可以证明，爱因斯坦的引力定律，作为其广义相对论的一个推论，被这些实验确证了，但广义相对论本身没有被确证。我们来看看为什么她这样认为。

如果把日食实验的结果看作是对广义相对论的确证，那么必须有可能证明，如果广义相对论有错误，那些结果是最不可能出现的。我们必须能够排除广义相对论与这些结果之间的错误的关联。但在上述个案中，这是无法做到的，因为事实上，在整个时空理论这个类中，爱因斯坦理论是其中唯一的一个理论，整个时空理论类预见了爱因斯坦的引力定律，因而也预见了日食实验的结果。如果这个理论类中有一个非爱因斯坦的理论是正确的，并且爱因斯坦的理论是错误的，可以预期会有完全相同的日食实验的结果。

202 因此，这些实验并未构成一种对爱因斯坦广义相对论的严格检验。不能用这些实验把爱因斯坦广义相对论与已知的替代理论区分开。若想主张日食实验支持了爱因斯坦的广义相对论，就必须超越保证能获得的实验证据。

当我们考虑日食实验确证了爱因斯坦的引力定律这一限制更多的主张时，情况就不同了。观察结果当然是与该定律一致的，但是在可以合理地把这一点当作支持该定律的证据之前，我们必须排除这种一致的其他可能的原因。只有那时，我们才能说，除非爱因斯坦定律正确，否则所观察到的位移就不会出现。迈约比较详细地说明了，如何考虑爱因斯坦定律的替代理论以及如何排除它

们,其中包括一些牛顿理论的替代者,由于太阳与假设具有质量的光子之间有一种符合平方反比律的引力,就出现了这些替代者。爱因斯坦的引力定律得到了日食实验的严格检验,而广义相对论却没有由此得到严格检验。

新实验主义者一般关心的是,把握某个能够被可靠地证实是独立于高层次理论的实验知识领域。迈约的观点与这种渴望紧密配合。按照她的看法,根据上面所讨论的方法,通过对实验定律的严格检验就可以确证这些定律。科学知识的发展被理解为这些定律的积累和扩展。

4. 从错误中学习与触发革命

当实验结果被证明没有错误,并且倘若一种主张有错误它们就不可能出现时,它们就可以确证这一主张。不过,关于实验错误的重要性,迈约的思考并不仅仅于此。她还关心做得很完备的实验如何能使我们从错误中学习。从这种观点来看,一个用来发现以前公认的断言中的错误的实验,既有肯定的功能又有否定的功 203 能。也就是说,它不仅可以用来作为一个断言的否定,而且还可以肯定地验证某种以前未知的效应。通过对库恩的常态科学概念的重新阐述,迈约对发现错误在科学中的这种肯定作用作了充分的说明。

我们来回忆一下,波普尔和库恩对占星术没有资格成为一门科学的问题提出了相互抵触的回答,我们在本书第八章中就此作了说明。按照波普尔的观点,占星术之所以不是科学,因为它是不

可否证的。库恩指出,这种看法是不适当的,因为占星术曾经(而且仍然)是可否证的。在 16 和 17 世纪,当占星术“有相当地位”时,占星学家确实作出了一些可检验的预见,其中许多被证明是错误的。科学理论也作出过被证明是错误的预见。按照库恩的观点,它们的区别在于,科学能够建设性地从“否证”中学习,而占星术则不能。对于库恩来说,在常态科学中存在着解难题的传统,而占星术没有这样的传统。对于科学来说,并非仅有对理论的否证,还存在着建设性地克服否证的方法。从这种观点来看具有讽刺意味的是,当波普尔用“我们从错误中学习”这一口号来表征他自己的方法时,他却失败了,而这恰恰是因为他的否定的和否证主义的说明,无法对科学如何从错误(否证)中学习提供一种适当的和肯定的说明。

在这方面,迈约站在库恩一边,把常态科学等同于实验活动。我们来关注一些发现错误所起到的肯定作用的例子。有关天王星轨道令人疑惑的特征的观察,对牛顿理论以及当时的背景知识提出了问题。而这个问题的肯定的方面是,可以追溯到的这种疑惑的来源的范围,以我们已经描述过的方式导致了海王星的发现。

- 204 我们提到的另一个有趣的事情是,赫兹有关阴极射线的实验,这个实验导致他得出结论说,它们没有在某个电场的作用下发生偏转。J. J. 汤姆孙能够说明赫兹错了,部分原因在于他对射线使放电管中的残余气体电离程度的估计,这种电离导致了电极上带电离子的增加和电场的形成。通过使自己的真空管中的气压降到更低的程度并且使电极的设置更为恰当,汤姆孙发现了赫兹没有发现的电场对阴极射线的影响。不过,他也学到了一些有关电离和空间

电荷增多等新效应的知识。在偏转实验的背景下,这些效应构成了一些障碍,应予破除。不过,它们本身所具有的重要性也得到了证明。带电粒子穿过气体时导致的气体的电离,对于研究云室中的带电粒子来说是十分重要的。实验家对这些效应如何在一个仪器中起作用的详细知识,使得他或她能够从错误中学习。

迈约并非仅仅是把库恩的常态科学概念转变为实验实践概念。她指出,可以证明,实验所具有的既容易发现错误也容易迁就错误的特点,足以触发一场科学革命或为此作出贡献,这是一个明确无疑的非库恩论题。迈约最出色的例子,就是本世纪*第一个10年期即将结束的时候,让·佩林(Jean Perrin)所做的有关布朗粒子运动的实验。佩林对布朗粒子的运动详细、富有独创性和切合实际的观察,超越了理性的怀疑,证实它们的运动是随机的。这一观察,连同对粒子分布的密度随着高度而变化的观察一起,使得佩林能像人们可能希望的那样确定地证明,粒子的运动既违背热力学第二定律又与动力学理论的详细预见相一致。再也无法给出比这更具革命性的证明了。还可以讲一个类似的事例,例如,对黑体辐射、放射衰变以及光电效应等的实验研究,迫使人们放弃了经典 205 物理学,并且在20世纪最初的几十年中构造了新的量子理论的重要元素。

新实验主义方法所隐含的意义是,否认实验结果永远是依赖“理论”或范式的,以至于无法诉诸这些结果在理论之间作出裁决。这种合理性来源于对实验实践的关注,包括如何使用仪器,如何排

* 指20世纪。——译者

除错误,如何设计多方查证,如何处理样本等。正是在实验生活能够以某种独立于思辨理论的方式得以维持的范围内,使得这种生活的产品可以对理论产生显著的约束作用。从实验结果把科学革命强加给我们来说,科学革命可能是“合理的”。极端的理论支配或范式支配的科学观认识不到而且也无法理解科学的最与众不同的部分——实验活动。

5. 新实验主义展望

新实验主义者已经说明了如何能够证实实验结果,以及如何以一种能够独立于高层次理论的方式、而且是典型地以这种方式,通过实施包括实践研究、多方查证以及错误控制和排除等一系列策略,产生实验效应。作为这种说明的结果,他们能够为科学进步提供一种解释,这种解释认为科学进步就是实验知识的积累。新实验主义者接受了这一观念即最好的理论就是那些经受住严格检验的理论,并且把对某一主张的严格的实验检验理解为,如果该主张有错误它可能就经受不住检验,这样,他们就可以说明实验如何可能对截然不同的理论的比较产生影响,以及实验如何可能会触发科学革命。对实验的细节和它们究竟证实了什么的仔细关注,可以对理论讨论进行核实,并且有助于对什么已被实验证实和什

206 么仍是推测进行区分。

毫无疑问,新实验主义已经完全把科学哲学带上了一条很有价值的道路,而且它是对过分强调理论支配的方法的一种有益的矫正。不过,我要指出,如果把它看作是对我们关于科学的特征问

题的圆满回答,那就错了。实验并没有达到本章前几节可能强调的那种不依赖理论的程度。对实验生活的健康的和有助于知识增进的集中研究,不应当使我们看不到这个事实:理论也是有某种重要生命的。

新实验主义者在这一点上是正确的,即他们坚持认为,从实验可以具有自己的生命的意义上说,把每一次实验都当作回答理论所提出的问题的尝试是错误的。伽利略在把他的望远镜对着天空时,他并没有一个需要检验的有关木星卫星的理论,从那时到现在,新仪器或新技术为新现象的发现提供了机会,许多新现象都是人们利用这些机会所发现的。另一方面,这种情况依然如故:理论常常为实验工作提供指导,并且指明了通往新现象的发现之路。毕竟,正是爱因斯坦的广义相对论的一个预见激励了爱丁顿的日食远征考察,而且,正是爱因斯坦对气体动力学理论的发展导致佩林以他的方式去研究布朗运动。类似地,正是有关电介质的极化的变化率是否具有传导电流那样的磁效应这样的基础理论问题,使得赫兹从事实验并且最终导致了无限电波的产生,而阿拉戈发现一个盘的阴暗面的中央有光斑,则是对菲涅尔的光的波动说的直接检验的结果。

无论理论是否能够在某个时候对实验家提供正确的指导,新实验主义者们都热衷于把握在什么意义上可以用某种独立于高层
207
次理论的方式证明实验知识。当然,黛博拉·迈约已经详细和令人信服地说明了,如何通过使用一系列错误排除法和误差统计学可靠地证实实验结果。然而,一旦需要评价实验结果的重要性,而这种需要又超出了这些结果由之产生的实验环境,就必须以理论作

参照。

迈约想尽力说明,怎么能把误差统计学应用于严密的受控实验,以便得出这样的结论,即那类实验具有(非常)高度的可以产生特定结果的概率。所记录的实验结果,被当作是那种类型的实验也许会获得的所有可能结果的一个样本,以这个样本为基础,就可以把误差统计学应用于总体的属性概率。在这里,一个基本的问题是:什么可算作是这同一类型的实验?所有实验都会在某些方面彼此有所差异,例如,它们可能是在不同时间、在不同实验室、用不同的仪器等等完成的。对于这种质疑的一般回答是,这些实验必须在某些相关的方面是相似的。然而,对于什么可算作是相关,必须利用现有的知识作出判断,因而这种相关性也会随着知识的改进而变化。譬如,设想伽利略做了一系列实验,从实验的结果中他得出了这样的结论:因引力而产生的加速度是一个常量(如果与事实相反,我们允许伽利略使用现代的误差统计学,并且想象,他可以认为未来可能出现一个反驳他的实验的概率是很低的)。从现代的观点,人们可以明白,如果在未来的某个时候,当伽利略在海平面以上进行研究时,他对其关于加速度的评价的依赖为什么会使他失望。假设下落的趋势是重物的固有属性,而它们具有这种属性的原因在于它们是物质客体,那么,在这样的环境中从事研究,就像伽利略那样,海拔高度相关并不是很明显的,因而,伽利略的样本不具有典型性这一点并非是明显的。对于什么可算作是某个相似类型的实验,需要在一定的理论背景下才能作出判断。

把那种问题放在一边,一旦实验结果所具有的某种重要意义被看作是超出了它们由之产生的特殊环境,这时,理论因素就变得

很关键。在例如黛博拉·迈约本人论证日食实验确证了爱因斯坦的引力定律时所使用的方法中,这一点表现得非常明显。正如迈约所解释的那样,这一实验包括展示了一些结果,它们与牛顿对引力现象最出色的估计是不一致的,并且与其他可能想象到的不同方法,例如奥利弗·洛奇(Oliver Lodge)对某种以太作用过程的诉诸,也是不一致的。迈约(1996,第291页)引证并赞成戴森(Dyson)和克罗姆林(Crommelin)发表在《自然》(*Nature*)上的一篇文章中的一段话:“因此,详尽无遗的论述似乎迫使我们不得不承认爱因斯坦定律是唯一令人满意的解释。”我不想怀疑,这说明在当时根据这些情况接受爱因斯坦的引力定律是合理的。不过,这种论证的一个关键证据依据的是这一假设,即事实上没有其他可接受的理论。迈约不能排除这样的可能性:存在着某种还没有想到的对牛顿理论或某种以太理论的改进,它能解释日食的结果。这就是她不愿意尝试赋予假说以概率的原因。因此,她关于科学定律和科学理论的论证可以归结为这样的主张,它们比任何可能的竞争对手都更好地经受住了严格的检验。迈约与波普尔学派的唯一差别就在于,她有关什么可算是严格的检验的观点更有价值。理论因素扮演着一个关键的角色。

新实验主义者坚持认为,实验者掌握了有效的技术,可以通过一种健全和可信赖的能够相对独立于高精理论的方式证实实验知识。在能够确保这些主张可靠的范围内,似乎可以抑制否认主义的泛滥,并且可以为科学进步的积累观进行辩护,这种观点认为,科学进步是可靠的实验知识的增长。然而,一旦承认我在本节中讨论的理论因素扮演着关键的角色,那么,就必须承认相某种应程

度的否定主义。

新实验主义并没有说明,如何能把理论、有时是高层的理论从科学中排除出去。就此而言,注意到这一点是很有意义的:确定牛顿力学在太空飞行范围内之可靠性的一个重要因素,就是在已知预期速度的情况下,与该理论的偏差在多大程度上根据相对论是可以忽略的。毫无疑问,这就是科学具有某种重要的“理论生命”的问题。例如,被用来完善电子显微镜的量子力学原理,或者在整个科学中普遍应用的能量守恒原理,都并非仅仅是特殊的实验概括的结果。它们在科学中有着什么样的生命,这种生命与实验有着怎样的联系?

有些新实验主义者似乎希望,在得到充分证实的实验知识与高层次理论之间划一条分界线。(黛博拉·迈约在把广义相对论与得到了爱丁顿实验支持的某种限制更严的引力理论加以区分时,似乎就成了这个方向的一个带头人。)另一些人把这种观点推向了极端,在他们看来,只有实验知识提出了关于世界的活动方式的可检验的主张。高层次理论被看作是起着某种组织或辅助作用,而不是提出关于世界的活动方式的主张。这些因素给我们指出了本

210 书最后两章将要讨论的问题的方向。

6. 附录:理论与实验可喜的一致

许多人同意,一个理论的价值是由它在什么程度上能够通过严格的检验来证明的。然而,在科学中有大量确证的事例,除非在对严格检验加以表征时非常谨慎,否则难以符合这种描述。我想

到一些涉及理论与观察在某些环境中并非偶然地一致的事例,在这些环境中,缺乏一致性并不能说明理论不成立。最好还是用一些例子来展示这种思想。

在科学中常常会见到这样一种情况:根据某一理论以及某些复杂的而且也许是不确定的辅助性假设作出了新的预见。当那些预见被确证时,可以合理地认为,该理论得到了重要支持。另一方面,如果预见没有得到确证,问题既可能在于那些辅助性假说,也可能在于该理论。因此,对预见的检验似乎并未构成对理论的严格检验。但当预见被确证时理论仍然会得到重要的支持。尼尔·托马森[Neil Thomason (1994 和 1998)]更为详细地阐述了这种观点。以下是一个很好的例子。哥白尼理论预见,倘若假定金星是不透明的,金星会以某中特殊的方式像月球一样显示出与它的表观尺寸的变化相对应的相位。从某种历史的观点来看,当哥白尼和伽利略明确地进行论述时,我标成黑体的那种主张仍然在相当程度上是一个未决的问题。当伽利略使用他的望远镜观察金星的相位时,地球、太阳和金星的相对位置以及金星的表观尺寸,正是按照哥白尼理论并辅以金星是不透明的这一假设所预见的方式变化的,这可以看作是对该理论(以及这个辅助性假设)提供了强有力支持的证据。如果相位没有被观察到,既可以责备该理论也可以责备该辅助性假设,因而,从某种意义上说,这一观察活动并没有构成对哥白尼体系的特别严格的检验。

211

一个相关的更为普通的情况是,在一种那些观察的意义远非清楚的杂乱的环境中,对某一理论进行的探讨。在这里,理论预见与观察的逐一吻合,既可以用来确证该理论也可以用来确证对观

察的解释,而未能达到这样的吻合只不过说明,还有许多工作需要做。有一个例子是用电子显微镜观察水晶中的位错。这种位错,即原本排列规则的晶体原子的不理想排列,是在 20 世纪 30 年代中叶以理论为根据预见的,以说明固体的强度、延展性和可塑性。如果晶体结构是完全有规则的,那么,晶格之间的作用力也许非常强,以至于使固体无法达到已知的强度和延展性。在 20 世纪 50 年代初期,尽管电子/样品相互作用理论尚未得到发展,从而可以以这样或那样的方式作出确定的预见,但电子显微镜已经发展到能使人们相信可以用它们来观察晶格和位错的阶段。1956 年,吉姆·门特[Jim Menter (1956)]以及彼得·希尔施(Peter Hirsch)等人(1956)制作出了他们认为是展示了位错的电子显微镜图像。他们用来证明这种对复杂图像的解释的某些方法,与新实验主义者所强调的技术是非常一致的。例如,所观察到的诸如使晶体弯曲这样的实际干涉效应,是与这些图像的确是晶格这一假设一致的,而不同的物理过程,如 X 射线和电子衍射等,则被证明产生了相互支持的结果。不过,我在这里想再扼要地多说的一点是,理论与观察的一致程度可用来对这二者进行确证。例如,门特运用了 E. 阿贝的显微镜理论来说明晶体所形成的电子图像,并且把他的预见与所观察到的图案相当多的吻合,当作是既确证了他的理论、也确证了那种把这些图像当作是晶格图像的解释。希尔施观察到位错

212 正是按照以前的位错理论所预见的那样变动的,他把这看作是既确证了这个理论,也确证了他的图像呈现的是位错这一事实。在这些事例中,理论与观察的巧妙吻合构成了对理论的重要支持。另一方面,非常杂乱和被误解的实验环境,完全可能使大量实验失

败,但这并不意味着接受检验的位错理论的失败。我认为,可以预期,我在这里所描述的这种情况会常常出现在科学之中。

黛博拉·迈约对严格检验的表征可以适用于这些例子。^① 她将会问,如果理论有错误,确证是否还可能出现? 在我关于哥白尼的例子和位错的例子中,回答都是,如果这样,根本不可能会有确证。因此,在每一个个案中,相关的理论都是从业已观察到的理论预见与观察的一致中获得了重要的支持。迈约关于严格检验的构想是与科学实践相符合的。

7. 补充读物

哈金的著作(1983)是新实验主义的开创性著作。这个范畴中的其他著作还有:富兰克林的著作(1986,1990)、加里森的著作(1987,1997)以及古丁的著作(1990)。阿克曼(1989)对这种观点进行了总结。迈约的著作(1996)是对这种观点最精致的哲学辩护。

^① 我原来也认为,我的这些事例是迈约观点的反例,但在私人通信中她使我相信,情况并非如此。

第十四章 为什么世界 应当遵循规律？

1. 引言

在以前诸章中,我们关注了认识论的问题,亦即关于怎样诉诸证据为科学知识辩护的问题,以及这种证据的本质的问题。在本章和下一章中我们将回到本体论的问题,亦即关于这个世界的存在物之种类的问题。现代科学假设或证明这个世界存在哪类实体?到目前为止,对这个问题的部分回答在本书中一直被认为是当然的。被认为是当然的有,存在着诸如规律之类的事物,它们制约着世界的运动,而且科学所从事的事业就是要发现它们。本章所关注的是:这些规律是关于哪类实体的。

这种观念是很平常的,即世界是受规律制约的,而科学的事业就是发现这类规律。不过,这种观念意味着什么绝不是毫无疑问的。有一个基本问题罗伯特·玻意耳在 17 世纪就强调过了。规律的概念产生于社会领域,在这里它有明确的含义。能够理解社会规律以及违背它们的后果的个人,会遵守或者不会违背这些规律。但是,一旦以这种自然的方式来理解规律,如何才能说自然界中的

物质系统遵循规律呢? 因为很难说它们能够理解它们需要遵循的规律, 而且, 无论如何, 当一个基本规律被应用于科学之中时, 它被假设是无例外的, 因此与个人违背某个社会规律并且自食其果毫无关联。使事物与规律相符的是什么呢? 这看起来是一个既合理又明确的问题, 但回答起来并不容易。我认为, 玻意耳的回答, 即上帝使事物按照他规定的规律运动, 从某种现代物理学的观点来看, 留下了许多人们所期望的东西。我们不妨来看看, 我们是否能够做得更好。

2. 规律即规则

对于“什么使事物按照规律运动?”这个问题, 一个常见的回答是否认这个问题的合理性。这里所涉及的推理方法, 曾得到哲学家大卫·休谟非常有说服力的说明, 而且自那时起非常有影响。从休谟的观点看, 假设任何事物都会导致有规律的活动是错误的。的确, 这给整个自然界的因果概念都提出了问题。推理过程如下。例如, 当两个台球相撞时, 我们可以直接在相撞之前并且直接在相撞之后观察它们的运动, 而且, 我们也许能够辨别出撞击之后的速度以某种规则的方式与撞击之前的速度相联系, 但是我们根本并不清楚, 除此之外是否还可以把别的什么看作是一个球与另一个球相撞的因果效应。从这种观点看, 因果效应不是别的, 就是规则的关联, 而规律的形式就是“B类事件总是伴随着A类事件或者在A事件之后发生”。例如, 伽利略的落体定律会采取这样的形式: “当在地球表面附近放开一重物时, 它会以匀加速度落向地面。”这

就是所谓的规律的规则观。没有什么使得物体按照规律运动，因为规律只不过是事件之间的实际规则。

215 一组很有权威而且有效反对规律的规则观的主张是，这种观点没有区分偶然的规则和有规律的规则。波普尔以“没有一只恐鸟的寿命超过 50 年”为例。情况很可能是这样：没有一只现已灭绝的恐鸟的寿命超过了 50 年，但是，如果环境条件更适宜的话，有些恐鸟的寿命也许会超过 50 年，基于这一理由，我们倾向于不完全相信这样的通则是一种自然规律。但由于它是一种没有例外的规则，因而，它有资格成为一种规律。很可能存在这样的情况，即当工作日结束时曼彻斯特工厂的汽笛就会响起，而这时伦敦的工人会放下工具，但即使这种通则没有例外，它也几乎不可能有资格成为一种自然规律。这类的例子是很多的，它们暗示，除了有规则外，自然规律还有某种其他的特性。规则观遇到的另一个困难是，它无法确定因果依赖的方向。吸烟与肺癌的实例之间存在着一种有规则的联系，但这是由于吸烟导致了肺癌，而不是相反。这就是我们能够希望通过戒烟减少肺癌的发病率的原因，但我们不能希望通过发现一种治疗肺癌的方法来与吸烟作斗争。事件所展示出的规则并不是该规则构成一种规律的充分条件，因为有规律的活动并不仅仅表现为有规则。

撇开规则是规律的充分条件这一观念所遇到的困难，对科学中所出现的规律的直接思考很有说服力地表明，规则也不是一个必要条件。如果认真采用这一观念，即规律描述了事件之间毫无例外的规则联系，那么，在被典型地看作是科学规律的主张中，没有一个符合这种要求。上面提到的伽利略的落体定律就是一个恰

当的例子。秋天的树叶很少以匀加速度落向地面。按照一种绝对规则观来看,这就会使这一定律成为错误的。类似地,阿基米得原理在某种程度上主张,比水密度高的物体在水中会下沉,这一点受到了漂浮的针的反驳。如果把规律理解为是毫无例外的规则,那么,一个规律的真正的候选者由于没有这类特定的规则性,就很难被发现。更扼要地说,在科学中被当作是规律的那些通则,即使不是全部也是绝大部分,都不符合这种要求。

从科学实践的观点以及关于这个问题的常识观点,对于这些 216 考察结果有一个现成的回答。毕竟,人们已经充分理解了为什么秋天的树叶没有以一种规则的方式落到地面。因为树叶受到了气流和空气阻力的影响,它们的作用是一种干扰性的影响,就像针的下沉被表面张力阻止了一样。正是由于物理过程受到了干扰性影响的阻碍,就需要在一些人为排除或控制了这类阻碍的实验环境中,对表征那些过程的物理学定律进行检验。与科学相关的规则,以及那些显示有规律的活动的情况,都很典型地是复杂的实验活动来之不易的结果。请思考一下,例如,亨利·卡文迪什(Henry Cavendish)在用相互吸引的球体来展示平方反比律方面所达到的程度,以及 J. J. 汤姆孙最终成功而赫兹却未能展示运动的电子在电场中有规则的偏转。

规律的规则观的捍卫者,能够对这些考察结果提出的明白回答是,以条件句的形式重申这一观点。也就是说,可以用这种方式来阐述规律:“假如干扰性因素没有出现,B类事件总是在A事件之后或者伴随着A类事件发生。”这样,伽利略的落体定律就变成了:“假如重物下落时没有遇到某种可变的阻力,或者不会因风

或其他干扰因素而发生偏斜，它们会以匀加速度落向地面”。“其他干扰因素”这个短语预示着这样一个普遍的问题，即如何才能阐明一个精确的关于为使某一规律适用而必须满足之条件的命题。但是，我想把这个困难搁置起来，因为我认为，在这里，规则观还面临着一个更为基本的问题。如果我们承认这一表征：规律是用条件句的形式陈述的规则，那么我们必须承认，这些规律只有在这些条件得到满足时才适用。既然特定的条件的满足通常只有在特殊的实验设置中才能实现，我们就不得不得出这样的结论：科学定律通常只在实验环境内适用，在这些环境以外不适用。

- 217 这样，有人就会认为，只有当重物在消除了空气阻力之类的因素的环境中下落时，伽利略的落体定律才能适用。因而，按照这种修正后的规则观，秋天的树叶不符合伽利略的落体定律。这难道不是与我们的直觉相冲突吗？难道我们不愿意说，秋天的树叶是受落体定律制约的，但也受支配空气阻力和空气动力学的规律制约，因而所产生的下落是不同定律共同作用的复合结果？由于这种以条件句形式出现的规则观，把规律的适用性限制在那些满足特定条件的实验环境之中，因此，它对那些条件以外发生的事情是无能为力的。按照这种观点，科学无法说明秋天的树叶为什么常常会在地上直立着！

如果把新实验主义理解为对什么可算是科学知识进行了详尽的阐述，那么就会出现一个问题，而这里的这些困难就是这个问题的回响。因为正如我们在前一章看到的那样，尽管情况很可能是这样：对于把科学进步理解为实验知识的不断积累，新实验主义可以把握其充分意义，但它就此为止，而没有为我们说明，怎么能

把在实验环境以内获得的知识输送到那些环境以外并应用于其他地方。我们应如何解释工程师对物理学的运用、历史地质学中放射性鉴年法的使用或者牛顿理论在彗星运动方面的应用? 如果把科学规律设想为既在实验环境以内、也在实验环境以外适用,那么,就不能把这些规律等同于可在实验环境以内获得的规则。规律的规则观将不再起作用。

3. 规律是对能动力量或倾向的表征

有一种简单明了的方法,摆脱了我们在这里一直讨论的那种关于规律的观念所遇到的问题。这种方法是,认真领会许多常识以及科学中所隐含的意义,亦即物质世界是能动的。世界中的事情是自动发生的,这些事情之所以发生,是因为世界中的实体有能 218 力或有能动力量、有倾向或有趋势使得它们按照自己的方式行动或活动。皮球弹起是因为它们有弹性。关于容器的警告断言,其中所盛的东西是有毒的、或者是易燃的抑或是易爆的,这就告诉我们,容器中的东西有活动能力,或者告诉我们它们倾向于怎样活动。对一个电子的质量和电荷的详细说明,预示了它将如何对电场或磁场作出反应。决定事物是什么的一个重要因素就是,它能够做什么或能够发生什么变化。正如亚里士多德正确观察到的那样,我们需要根据事物的可能存在和实际存在来表征它们。能成长为一棵橡树是作为一个橡子的重要特性的一部分,与此相同,异性电荷相吸、同性电荷相斥的能力,以及在加速时会发生辐射的能力也是作为电子的重要特性的一部分。我们对系统进行实验,以

图发现它们是在怎样的支配下运动的。

一旦我们允许在我们对物质系统的表征中使用诸如倾向、趋势、能动力量和能力这样的概念,那么,就可以把自然规律理解为对那些倾向、趋势、能动力量或能力的表征。伽利略的落体定律描述的是重物所具有的以匀加速度落向地面的倾向,而牛顿的万有引力定律则描述的是有质量的物体之间的引力作用。一旦我们以这种方式解释规律,我们就不必再期望规律去描述世界中所发生的事情的结果,因为所发生的那些事情典型地都是一些倾向、趋势、能动力量或能力以某种复杂的方式共同作用的结果。树叶按照伽利略定律下落的趋势被风的影响破坏了这个事实本身,并不是怀疑这种趋势会按照该定律继续对树叶施加作用的理由。从这种观点出发,我们就可以很容易地理解,为什么对于为验证某一定律而收集相关的信息来说,实验是必不可少的。必须把正在研究的、对应于规律的趋势与其他趋势相区分,而这种区分需要适当的实践干预方能实现。已知海床的不规则性以及太阳的引力、行星的引力和月球的引力,我们不能指望从牛顿理论以及初始条件中得到关于潮汐的明确说明。不过,引力是潮汐的主要原因,而且有些适当的实验可以验证引力理论。

从我所倡导的观点来看,原因与规律是密切联系在一起的。事件是由一些特殊事项的作用引起的,这些特殊事项具有可作为原因发挥作用的力量。月球的引力是潮汐的主要原因,带电粒子是造成云室径迹的电离的原因,振荡电荷是从发射机发出的无线电波的原因。在这些构成了自然规律的事例中,包含了对能动的力量的作用方式的描述。引力的平方反比律定量地描述了有质量

的物体所具有的产生引力的力量,经典电磁学理论尤其描述了带电物体所具有的吸引和放射的能力。正是这种在自然界中发挥作用的能动的力量,使得那些规律正确时为真。因此我们对玻意耳的问题有一个现成的回答。正是特殊事项所具有的能动力量和能力以及特殊事项相互作用的效力,迫使那些特殊事项按照规律活动。有规律的活动是由有效的因果作用引起的。玻意耳面对着的在处理规律时所遇到的问题,不得不求助于上帝,这恰恰是因为他拒绝承认物质具有倾向属性。

大部分哲学家似乎不愿意接受这样一种本体论,它把倾向或能动力量作为基本的属性。我不理解他们的不情愿。也许,其原因在一定程度上是历史性的。在文艺复兴时期,由于能动力量被以神秘的和模糊的方式应用于巫术传统之中而声名狼藉,而且据称,亚里士多德学派曾假借形式的名义,以满不在乎的方式滥用过它们。玻意耳在他的机械论哲学中对能动的属性的拒绝,可以看作是对那些传统的泛滥的一种反应或许是一种过度反应,也可以220看作受神学事业推动的。然而,没有必要对借助能动力量和趋势等概念进行神秘的或认识论方面的猜想。可以像对任何其他主张一样,对有关它们的主张进行严格的检验。此外,无论有多少哲学家可能反对倾向属性,科学家们都会系统化地诉诸它们,而且离开了这些属性,他们的工作可能就无法进行。在这方面,注意到这一点是很有意义的,即玻意耳在其实验科学中与在其机械论哲学中正相反,他自由地利用了诸如酸性和空气的原动力之类的表示倾向的属性。对17世纪的机械论哲学家来说,不同形式的弹性是令人困惑的。T. 霍布斯(T. Hobbes)抱怨说,玻意耳把弹性归属于

空气就等于承认空气可以自己运动。玻意耳和其他 17 世纪科学家继续使用弹性概念,但从未成功地参照非倾向属性把它解释清楚。从那时以来,也没有任何人在这方面取得成功。我不理解哲学家们有什么理由对借助倾向属性的做法提出质疑,或者有什么理由觉得需要把它解释清楚,科学家借助倾向属性是一种很常见而且的确也很普遍的做法。

认为规律表征的是事物的倾向、能动力量、能力或趋势的观点,有这样一个优点,即它从一开始就承认所有科学实践所隐含的意义,即自然是能动的。它阐明了什么使得系统按照规律活动,而且它以一种自然的方式把规律与因果作用联系在一起。它还对前一章所遇到的问题,即把实验环境中所获得的知识输送到那些环境以外的可能性,提出了一个简明的回答。一旦假定世界中的实体因它们所具有的能动力量和能力而是其所是,而且我认为这种假定是隐含在科学实践以及日常生活中的,那么,就可以假设,描述那些能动力量和能力并且在实验环境中得到了验证的规律,在那些环境以外也适用。然而,我无法问心无愧地就把问题放在这里不管了,因为有一些重要的科学规律难以符合这种图式。

4. 热力学定律和守恒定律

我们来注意一下我在前一段所概述并为之辩护的观点,这种观点像规律的因果观一样,把规律理解为是对因果作用的表征。在物理学中,有些重要的规律并不完全符合这一图式。热力学第一和第二定律,以及基本粒子物理学中的一系列守恒定律,都不符

合这一图式。热力学第一定律断言,一个封闭系统中的能量是恒定不变的。热力学第二定律断言,在一个封闭系统中的熵不可能减少,这一定律得出了这样一些推论,如确保热能从热的物体向冷的物体流动而不会逆向流动,并且排除了从海水中提取热能并付诸实施(为这种工作所付出的唯一代价就是海水温度的降低)的可能性。能够实现这种可能性的机器就是第二类永动机,它有别于第一类永动机,第一类永动机是能量的净增加的产物。热力学第一定律排除了第一类永动机,热力学第二定律排除了第二类永动机。这些非常普遍的定律得出了一些关于物理系统活动的推论,而且这些定律可用来预见这些系统的活动,这些活动是不受那些起作用的因果过程的各个部分约束的。这就是不可能把这些定律解释为因果定律的原因。

我举一个例子来说明我的观点。如果冰受到的压力比通常大气层中的压力更高,它的熔点就会降低。这就是一根悬挂着重物的金属线穿过一块冰的原因。从分子层次对这一点的解释远非是 222 明确的,也许无法得到一个明晰而详细的说明。既然压力有使分子更靠得更紧密的趋势,有人也许会料想,在这种环境下它们之间的引力会增加从而引起热能的增加,这样必然会把它们拉开,因此又导致熔点升高。这的确是在接近熔点的典型固物体中发生的情况。但冰不是一种典型固体。在冰中,水分子是非常松散地结合在一起,甚至比液态时还要松散,这就是冰的密度比水低的原因。(幸好是这样,否则,湖水和河水就会从下向上结冰,而且在漫长的冰点以下的时期,湖水和河水会完全冻成冰,从而也就会使鱼和从鱼中进化而成的任何可生存的生命形式死亡。)如果使冰中的

分子比通常靠得更紧密，它们之间的引力就会减小，这样减少的热能必然会使它们分开，从而使熔点降低。力对分子位置的这种依赖的确切方式是错综复杂的，有赖于精密的量子力学的既涉及交换又涉及库仑力的详细说明，对这种方式尚无精确的认识。

鉴于存在上述这样的复杂的情况，詹姆斯·汤姆孙 (James Thomson) 能够在 1849 年预见水的冷疑点会随着压力的增加而降低，从而预示了这种现象的经验发现，这也许令人惊讶。对于他的推论来说，所需要的就是热力学定律以及水的密度比冰高这个已知的经验事实。汤姆孙左思右想设计了一种循环过程，即从 0°C 的水中提取热量，并把它变成 0°C 的冰。看起来似乎是，如果这种装置提供一种方法，可以从水中提取热量并把它都转换成伴随的膨胀所做的功，这样就构成了热力学第二定律所排除的第二类永动机。汤姆孙认识到，冷疑点会随着压力的增加而降低这一假设，可能会成为这个不可接受的结论的障碍。

我想突出的这个事例的特点就是，汤姆孙作出这个预见时，对
223 分子层次上的因果过程的详细情况一无所知。热力学的一个特有特征和主要力量是，无论基本的因果过程的具体细节如何，它在宏观层次都适用。正是热力学定律的这一特性使得它们不能被解释为是因果规律。

因果观的困难还不止于此。通过详细说明一个机械系统中力在每一组成部分上的作用，并运用牛顿定律探索该系统的演化，就可以理解该系统的活动，并对活动作出预见。在这种探讨中，可以很容易地把牛顿定律解释为这样的因果规律：它们描述了物体施加特定的力或对特定的力作出反应的倾向。不过这并非是处理机

械系统的唯一方式。也可以把力学定律写成这样一种形式,它以能量而不是力作为出发点。在力学的哈密顿方程和拉格朗日方程中就采用了这种方法,这些方程要求,把一个系统的势能和动能解释为某类坐标的一个函数的表达式,就必须确定这些能量。因而,可以通过把这些表达式输入哈密顿运动方程或拉格朗日运动方程中,对一个系统的演化进行全面的详细说明。做到这一点并不需要有关起作用的因果过程的详细知识。

詹姆斯·克拉克·麦克斯韦(1965,第2卷,第783—784页)试图用拉格朗日的形式来塑造他的电磁学理论,他用一种非常大胆的方式说明了这一点。我们想象有一个钟楼,钟楼中有一个复杂的机械装置被一些拉绳驱动,拉绳垂落到下面敲钟人的屋子里。我们假定绳子的数量等于该系统自由度的数值。作为拉绳的位置和速度的一个函数,这个系统的势能和动能可以通过对拉绳的实验来确定。一旦我们掌握了这些函数,我们就可以写出该系统的拉格朗日方程。这样就有可能在已知拉绳在任意时刻的位置和速度时,推导出它们在任何其他时刻的位置和速度。我们不需要知道 224 正在钟楼中发生的事情的因果情况的细节就可以做到这一点。拉格朗日方程陈述的并不是因果规律。

也许有人会反驳说,对拉格朗日力学方程的这些考察,并没有构成规律的因果观的一个真正反例。例如,有人也许会指出,尽管用拉格朗日方式对钟楼的机械装置的处理,可能既有效又无须知道钟楼机械装置的详细的因果情况,但是,一旦获得了适当的了解钟楼的经验方法,就可以按照牛顿的因而也是因果的式方式用公式来表述它。最终也许可以看到,可以把拉格朗日方程转变为牛

顿方程。

这种主张(即使曾经正确)已经不再正确了。在现代物理学中,人们已经用一种比那些可从牛顿定律中推导出来的方程更具普遍性的方式,对拉格朗日方程进行了解释。对相关的能量是以一种普遍的方式解释的,即解释所有的能量,而不仅仅是从有质量之物体在力的影响下的运动中产生的能量。例如,拉格朗日方程能够适用于电磁能,这种适用不仅包括依赖速度的势能,而且使得诸如场的电磁动量之类的事物成为必要因素,而电磁动量是不同于质量乘以速度的那类动量的。当把拉格朗日方程限定在现代物理学之中时,这些(以及相关的哈密顿的)方程就不再是作为它们基础的因果说明可以取而代之的了。比如,各种守恒原理,包括与拉格朗日能量函数中的对称密切相关的电荷守恒和宇称守恒,已经不能再借助这些基本过程来解释了。

所有这一切的结果可以总结如下。物理学中的许多规律都可以理解为是因果规律。在这种理解可能成立的情况下,对于玻意
225 耳的问题,即是什么迫使物理系统按照规律活动,有一个现成的答案。正是这些规律所表征的有因果影响的能动力量或能力的作用,使得这些系统遵循这些规律。然而,我们业已看到,在物理学中有一些基本规律是不能解释为因果规律的。在这些事例中,对玻意耳的问题没有现成的答案。是什么使得系统按照能量守恒定律活动?我不知道。它们就是这样。面对这种局面,我并不感到非常舒服,但我看不出如何能避免这种局面。

5. 补充读物

D. M. 阿姆斯特朗(D. M. Armstrong)在其著作(1983)中,阐述了一种与这里的表征有所不同的规律观,并且对规则观进行了详细的批判。R. 巴斯卡[R. Bhaskar (1978)]说明了实验以什么方式趋向于因果规律。卡特赖特在其著作(1983)中,对可能存在着真实的关于世界的基本规律这一观念提出了怀疑,但在她 1989 年版的著作中,她修改了自己的观点,并且为某中很像是因果观的观点进行了辩护。M. 克里斯蒂[M. Christie (1994)]用一些非常有趣的例子,描述了许多哲学家所表征的规律是如何与科学家所使用的规律概念相冲突的。本章的材料大部分来自于查尔默斯的论文(1999),在该文中有更为详细一些的论述。B. C. 范·弗拉森(B. C. van Fraassen)的著作(1989)是近年来讨论规律本质的另一部著作。

第十五章 实在论与反实在论

1. 引言

关于科学知识,要作出的一个自然的假设是,它告诉我们的许多关于世界本质的信息,完全超出了世界表面上所呈现出的情况的范围。它使我们知道了电子和 DNA 分子以及光线在引力场中的弯曲,甚至告诉我们早在有人类进行观察以前世界普遍存在的情况。科学不仅以给我们提供这类知识为目的,而且大体上,它在这方面做得都很成功。科学不但描述了可观察的世界,而且还描述了隐藏在现象背后的世界。这就是对有关科学的实在论的粗略说明。

为什么有人想否认实在论呢?确实,有许多当代科学哲学家是这样做的。对实在论怀疑的来源之一是这个问题:关于不可观察的世界的主张,就其不是以观察为基础而确定地证实的东西来说,必然是假设性的,那么,这种假设的程度有多大?从其主张超出了能够合理辩护的范围来看,科学实在论似乎过于草率了。对历史的反思会加重这些怀疑。许多过去的理论提出了有关不可观察的实体的主张,它们的确因为已被否决而证明在这方面是过于

草率了。牛顿的光的粒子说和热质说,以及就其假设电场和磁场是物质以太的一种状态而言,麦克斯韦的电磁学理论,都是很好的例子。尽管这些理论的理论部分已经被拒绝了,但反实在论者注意到,这些理论的那些以观察为基础的部分却被保留下来了。牛顿对象差和干涉的观察、库仑的带电物体相互吸引和排斥的定律 227 以及法拉第的电磁感应定律,都已经被结合到现代科学之中了。科学中持久的部分,是以观察和实验为基础的部分。理论只不过是脚手架,一旦超过了其有用期,没有它们可能也行。这是典型的反实在论。

这样看来,实在论立场反映了大多数科学家和非科学家轻率的态度,而且实在论者会问:“借助诸如电子和引力场这样的不可观察的实体的科学理论,如果并未至少近似地对这类不可观察的领域作出正确的描述,它们如何能像实际那样取得成功呢?”反实在论者在回答时强调科学的理论部分的证据是非决定性的,并且指出,正如过去的理论尽管事实上并非是对实在的正确描述,但仍被证明是成功的一样,对当代的理论提出同样的假设也是合理的。这就是我们在本章中所要讨论的争论。

2. 全面反实在论:语言、真理和实在

我认为,在当代的文献中,实在论与反实在论之争常常采取的一种形式并不是有益的,无论如何,这种形式的争论有别于我和其他人想要强调的另外一种争论。对这种讨论的一般而抽象的术语不会留下深刻印象的读者,可以跳过这一节而不会有什么损失。

我所谓的全面反实在论(global anti-realism)提出了这样的问题:包括科学语言在内的任何种类的语言如何能与世界衔接或结合在一起?它的辩护者说,我们无法借助直觉或任何其他方式最终与实在面对面,从而解读有关它的事实。我们只能从人为的视角观察世界,并且用我们的理论语言来描述它。我们永远都受语言的限制,而且无法突破语言以一种独立于我们的理论的方式“直接地”
228 描述实在。全面反实在论认为,不仅在科学中,实际上在任何领域,我们都不能以任何方式接近实在。

我怀疑,是否有任何严肃的当代哲学家坚持认为,我们最终可以与实在面对面并解读有关它的事实。我想提醒读者,我们在本书中从大约第二章起就把任何这样的思想撇在一边了。因此,从这种意义上说,我们都是全面反实在论者,但不能说,这是因为这个论题缺乏说服力。当把这种没有直接接近实在的方法的情况理解为,其结果证明了一种有关科学和一般而论的知识的怀疑论态度,这时,这个论题就会变得较为有力。这种观念似乎认为,任何知识作为对世界的一种表征都不具有特权地位,因为我们没有接近世界的方法可用来证明这一点。这种论述未被证明是有根据的。尽管确实,我们不使用某种概念框架就无法描述世界,但我们仍然可以通过与世界的相互作用来检验那些描述的适当性。我们是通过与世界的相互作用,而不仅仅是通过对它的观察和描述发现世界的。正如我们在本书第一章中讨论的那样,解释有关世界的主张是一回事,而且这种解释必然要用语言来阐述。这些主张的真或假则是另外一回事。真之概念往往被看作是对有关实在论的争论有重要影响的,因此,需要对这一概念加以讨论。

对于实在论者的需要来说,最有帮助的有关真理的理论,就是所谓的真理符合论。这种普遍的观点简明易懂,而且可以通过常识以一种使之看起来几乎是不证自明的方式来解释。按照真理符合论,一个语句为真,当且仅当它与事实相符合。当猫在垫子上时,语句“猫在垫子上”为真,而当它不在上面时,该语句为假。如果一个语句所说的事情是实际情况,该语句为真,否则,该语句为假。

这种真理观的一个困难是,它可以很容易地导致悖论。所谓的说谎者悖论就是一个例子。假如我说“我从不讲真话”,那么,如果我讲的是真话,我所说的就是假的! 以下还有另外一个例子。²²⁹ 我们想象有一张卡片,它的一面写着:“这张卡片另一面写的句子是真的”,另一面写着:“这张卡片另一面写的句子是假的。”略微想一下就可以揭示,这是一个悖论,即每一面写的句子既是真的又是假的。

逻辑学家艾尔弗雷德·塔尔斯基(Alfred Tarski)证明了,对于一个相当简单的语言系统来说,怎样才能避免悖论。他所坚持的一个关键步骤是,当一个人用某种语言谈论语句的真或假时,他必须把正在被谈论的语言系统中的语句亦即“对象语言”,与用来谈论对象语言的语言系统中的语句亦即“元语言”区分开。谈到有关卡片的悖论,如果我们采用塔尔斯基的建议,我们必须确定卡片上的每一个语句是属于被谈论的语言,还是属于用来谈论的语言。如果遵循这个规则,那么,每一个语句必然要么属于对象语言,要么属于元语言,不能两者皆是,这样,就不会有一个语句既指称另一个语句又被另一个语句所指,从而,也就不会产生悖论了。

因此,塔尔斯基的真理符合论的一个关键思想是,如果我们谈论某个特定语言中的语句的真,那么,我们需要一种更一般的语言即元语言,这样我们就既可以指称对象语言的语句,又可以指称意在使对象语言的语句与之相符的事实。塔尔斯基必须能够说明,怎样能以一种避免悖论的方式,系统地阐述适合所有对象语言中的语句的真理符合概念。这是一个存在着技术困难的任务,因为对于任何一种被关注的语言来说,都存在着无数的语句。塔尔斯基只对涉及有限数量的单谓词的语言,完成了他的任务,所谓单谓词指诸如“是白的”或“是一张桌子”这样的谓词。他的方法包括,把一个对象满足一个谓词意味着什么当作是已知的。日常语言中的例子听起来是很平常的。例如, x 满足谓词“是白的”,当且仅当 x 是白的。知道了在一语言中,对于所有谓词来说满足这个概念意指什么,塔尔斯基就说明了如何能从这个出发点开始构造一个适合该语言的所有语句的真之概念。(用专业的术语说,把原始满足概念当作已知,塔尔斯基以递归方式定义了真。)

对数理逻辑来说,塔尔斯基的结果当然具有专业的重要性。它对模型论产生了根本性的影响,并且导致了证明论的一些分支。不过,这些是远远超出了本书范围的问题。塔尔斯基还说明了当用自然语言讨论真之问题时那些矛盾是怎么产生的,并且说明了怎样才能避免这些矛盾。但我并不认为他还有比这更多的贡献,塔尔斯基本人似乎也没这样想过。对于我们的论题来说,我认为塔尔斯基的真理符合论可以概述为一种平常但给人印象深刻的描述,仅此而已,这一描述即:“雪是白的”为真,当且仅当雪是白的。也就是说,塔尔斯基已经说明,悖论被认为是对真的常识观念有威

胁的,但可以通过一种避免这些悖论的方式来利用这种观念。从这种观点来看,一个关于世界的科学理论,如果世界就是该理论所说的那样,它就为真,否则它就为假。就我们关于涉及真之概念的实在论的讨论而言,这就是我将使用的真之概念。

那些热心地为全面反实在论辩护的人坚持认为,真理符合论并没有按照对它的要求那样,避免用语言描述语句与世界的关系。如果有人问我,诸如“猫在垫子上”这样的命题与什么相符时,那么,除非我拒绝答复,否则,我必须用一个命题来回答。我将回答说,“猫在垫子上”与猫在这张垫子上相符。对此,我所想到的那些支持这种异议的人会回应说,我在回答时并没有表征一个命题与世界的关系,而是表征了一个命题与另一个命题的关系。这是一个被误导的异议,这一点通过一个类比就可以显示出来。如果我有一张澳大利亚的地图,并且有人问我这个地图所指的是什么,那么回答是:“澳大利亚”。在给出这个回答时,我并不是在说这个地图是指“澳大利亚”这个词。如果有人问我这张地图所指的是什么,我没有别的选择,只能用言语给出回答。这张地图是被称之为澳大利亚的国家的总体的地图。无论是在猫那个个案中还是在地图这个个案中,说用言语作出的回答使我在第一个个案中断言“猫在垫子上”这个语句,在第二个个案中断言地图是指某种言语的东西,都是不合情理的。[在我看来,例如史蒂夫·伍尔加(Steve Woolgar, 1988)关于科学的全面反实在论,就包含了我在这里试图澄清的这种混乱。]至少对我来说,认为“猫在垫子上”是指世界事物的一种状态,如果猫在这张垫子上,这个语句就是真的,如果不在它就是假的,这样的主张是完全可理解的,而且是明显正确的。

实在论者的典型要求是,科学要以关于可观察和不可观察的世界理论为目的,且这些理论必须为真,在这里,真被解释为是这样一种常识概念,即与事实相符。如果世界确如一个理论所说的那样,该理论便为真,否则便为假。在“猫在垫子”上的个案中,可以相当明确地证实命题为真。但在科学理论的个案中,情况远非如此。我要重申一下,我想探讨的实在论的分支不含有这样的主张:我们最终可以与实在面对面,并可以解读哪些事实为真、哪些事实为假。

实在论者与反实在论者关于科学的传统争论涉及这样的问题:是否应当在某种无限制的意义上把科学理论理解为真理的候选者,或者,是否应当把它们仅仅理解为提出了有关可观察世界的主张?这样,双方都在某种意义上(我将把它解释为上面所讨论的那种符合的意义)把科学看作是以真理为目的。因此,任何争论的
232 一方都不支持全面反实在论。这样,我们姑且把全面反实在论放在一旁,认真考虑这个重要的问题。

3. 反实在论

反实在论者坚持认为,科学理论所包含的不是别的,仅仅是一组可被观察和实验证实的主张。从强调实用的意义上,许多反实在论者可能被称作、而且常常被称作工具论者。对于他们来说,理论只不过是一些有用的工具,有助于我们把观察和实验的结果联系在一起并对这些结果作出预见。把理论解释为真或假是不适当的。当亨利·彭加勒[Henri Poincaré (1952,第 211 页)]把理论与图

书馆的目录加以比较时,他就例证了这种观点。可以根据目录的有用性来评价目录,但是,如果认为它们为真或为假那就错了。对于工具论者来说,理论也是如此。工具论者将会要求理论应当是普遍的(从而使一系列众多的观察受到它们的保护)和简单的,而且作为一个重要条件,要求它们与观察和实验相一致。巴斯·范·弗拉森(1980)是一位当代的反实在论者,但就他认为理论的确有真假之分而论,他不是一个工具论者。然而,他认为,就科学而言,理论的真或假是无关的。对于他说来,一个理论的价值,是根据它的普遍性、简单性以及它在什么程度上被观察证实并且在什么程度上导致新的观察等来判断的。弗拉森把他的观点称之为“建构经验论(constructive empiricism)”。对于一个只根据可控的科学成就来看待科学发展的新实验主义的倡导者来说,可以把他当作我这里所讨论的意义上的反实在论者。

反实在论的动机似乎是这样一种愿望,即把科学限制于那些可以被科学方法证明的主张,从而避免不合理的推测。反实在论者可以说明,科学史能够证实他们的这一主张:不可把科学的理论部分看作是被可靠地证实的。不仅许多过去的理论被当作是假的而遭到了拒绝,而且它们所假定的许多实体也不再被认为存在了。233
牛顿的光的微粒说令人满意地为科学服务了100多年。它现在不仅被认为是假的,而且,并不存在牛顿光学所意指的诸如微粒这样的东西。在19世纪作为波动光学和电磁学理论重要组成部分的以太,也类似地被抛弃了,而麦克斯韦理论的一个关键思想,即电荷只不过是以太应变中的一种不连续性,现在被认为是明显错误的。不过,反实在论者将坚持认为,尽管这些理论被证明是非真

的,但无可否认,它们在帮助处理可观察现象方面,而且的确,在帮助发现可观察现象方面,起到了正面的作用。毕竟,正是麦克斯韦关于电磁学呈现了以太的状态的推测,导致了一种光的电磁学理论,并且最终导致了无线电波的发现。就此来看,只根据理论处理和预见可观察现象的能力来评价理论似乎是合理的。这样,当理论超过了它们的有用期时,它们就可能被抛弃,而它们所导致的观察发现和实验发现却可能会保留下来。正如过去的理论和它们所利用的不可观察的实体已经被抛弃了一样,我们可以预料,我们现在的理论和它们所利用的不可观察的实体将来也会如此。它们只不过是帮助建设观察知识和实验知识大厦的脚手架,一旦它们的使命完成了,就可以把它们丢弃。

4. 一些公认的异议和反实在论者的回答

反实在论者假设,可观察层次上的知识与理论知识有区别,可观察层次上的知识被认为是可以可靠地证实的,而理论知识是不可能可靠地证实的,它最多可以看作是一种有启发作用的助手。

- 234 在本书以前诸章关于观察和实验依赖理论以及观察和实验的可错性的讨论,至少在表面上给这种观点提出了一些问题。如果从观察命题和实验结果可以经受住检验的角度,认为它们是可接受的,但在未来仍有可能根据新的和更敏锐的检验而把它们替换,那么,这就为实在论者开辟了一条道路,使得他们可以用完全相同的方式处理理论,并且否认观察知识与理论知识有根本性的或明显的差别,而这种差别正是反实在论者以之作为他或她的观点的

基础的。

我们来从实验层次而不仅仅是从观察层次讨论一下这个问题。在这里,反实在论者不一定否认理论在发现新的实验效应方面的作用。不过,他或她可能会像我在论述新实验主义的那一章中那样强调,可以用一种独立于理论的方式对新的实验效应进行评价和操作,而且当理论发生剧烈变革时,这种实验知识不会丧失。我曾以法拉第发现电动机和赫兹制造出无线电波作为例子。这些个案可以用来证明反实在论者的立场。无论如何,对于科学中所出现的所有实验的结果是否都能解释为以这种方式依赖理论,人们仍有争论。我再借用一下我有关用电子显微镜研究晶体中的位错的事例,来具体说明这个问题。早期的某些工作可能对反实在论者有所帮助。对位错之观察的正确性是通过各种操作和多方查证来证实的,而这些操作和多方查证,不依赖于诉诸有关电子显微镜和有关电子束与晶体相互作用的复杂理论。不过,随着研究变得更为复杂,唯有微小的细节与理论预见的一致才能为可观察的形象提供解释并对这种解释提供支持。这里并没有否认,有关位错的知识对于理解物质的强度以及固体的许多其他属性具 235 有重要的实践意义。一个反实在论者必须能够做到这一点,即说明:怎么能用一种独立于理论的方式对知识中在实验上有用的那一部分进行阐述和证实。我不想在这里解答这个问题,但我的确认为,关于晶体中的位错的知识构成了一个非常有趣而且能增进知识的检验个案。

另一种公认的对反实在论的异议涉及理论预见的成功。这种异议指出,如果理论不是至少近似地为真,它们怎么能在预见上取

得成功呢？在那些一个理论导致了一种新现象的发现的个案中，这种论点似乎非常有力。既然爱因斯坦的广义相对论成功地预见太阳会使光线弯曲，怎么能仅仅把它看作是一种计算手段呢？当现在可以通过电子显微镜“直接”亲眼目睹有机分子的结构时，怎么还能较真地坚持说归因于那些分子的结构只不过是工具呢？

反实在论者可能会作如下回答。他们当然同意，理论能够导致新现象的发现。的确，这是他们自己对一个完善的理论提出的必要条件之一。（请记住，科学中没有理论的位置并不是反实在论者的观点的一部分。有争议的是理论的地位。）然而，理论在这方面具有创造性这个事实未必就标志着它是真的。这一点从以下事实来看是显而易见的：过去的理论在这方面已证明是很成功的，尽管从某种现代的观点看，并不能认为它们是真的。菲涅尔把光看作是有弹性的以太波的理论，成功地预见阿拉戈发现的光斑，而麦克斯韦对以太位移的推测导致了对无线电波的预见。实在论者认为，根据爱因斯坦的理论和量子力学来看，牛顿理论是假的。但牛顿理论在最终受到反驳之前，已经在两个多世纪的时间内进行了值得赞扬的成功的预见。因此，历史不是在迫使实在论者承认成功的预见并不是真理的必要标志吗？

有人已经尝试了用科学史中的两个重要的插曲来质疑反实在论。第一个插曲涉及的是哥白尼革命。正如我们业已看到的那样，哥白尼及其信徒们面临着这样的问题，即为他们关于地球在运动的主张辩护。一种对这些问题的回答，对该理论采取了一种反实在论的立场，它否认应该按照字面意义把该理论理解为是在描述真正的运动，并且仅仅要求该理论与天文学的观察结果相一致。

奥西安德尔在为哥白尼的主要著作《天体运行论》所写的序言中明晰地表述了这种观点。他写到：

……一个天文学家的责任是，通过仔细的和熟练的观察来撰写天体运动的历史。然后，当转向这些运动的原因或有关它们的假说时，由于他无法以任何方式获知真实的原因，他必须构想和设计这样一些假说，按照设想，这些假说能够使人们根据几何学原理正确地计算出过去和未来的运动。本书的作者[哥白尼]非常出色地完成了这两方面的工作。假说不一定是真的，甚至不一定是可证明的；它们若能提供与观察相一致的计算，这就足够了。[E. 罗森(E. Rosen), 1962, 第 125 页]

采取了这种立场，奥西安德尔以及具有相似意向的天文学家们，也就不必再面对哥白尼理论所引起的那些麻烦了，尤其是那些从地球在运动的主张中产生的麻烦。然而，像哥白尼和伽利略这样的实在论者不得不面对这些麻烦，并且必须尝试着去消除这些麻烦。在伽利略的个案中，这一点导致了力学中的一些重大发展。实在论者希望从这个例子中吸取的教训是，反实在论是无所作为的，因为反实在论者把那些需要从实在论视角解决的困难的问题掩盖起来了。

反实在论者可能会回应说，这个例子是对反实在论者立场的 237 一种丑化。反实在论者在对理论所提出的要求中坚持认为，理论是具有普遍性和统一性的——亦即它们所包含的现象的范围是非常广泛的。从这种观点来看，反实在论者必须寻求把天文学和力

学包含在同一个理论框架之中,这样,他们在处理与哥白尼理论相关的力学问题时才能像实在论者那样有理有据。在这方面,具有讽刺意味的是,一位著名的反实在论者皮埃尔·迪昂在他的著作《拯救现象》(*To Save the Phenomena*, 1969)中选择了哥白尼革命来支持他的主张!

常被人们援引的第二个历史插曲是在 20 世纪初叶对原子论的证明。在 19 世纪晚期的几十年中,迪昂以及其他著名的反实在论者如恩斯特·马赫和威廉·奥斯特瓦尔德(Wilhelm Ostwald)拒绝按照字面意义来理解原子论。他们的观点是,不可观察的原子,要么在科学中没有位置,要么,即使有它的位置,也应当只把它当作是有用的虚构来处理。1910 年使(包括马赫和奥斯特瓦尔德但不包括迪昂在内的)绝大多数科学家满意的对原子论的证明,被实在论者看作是证明了反实在论的谬误和思想贫乏。对此,反实在论者再次作出了回应。他们提出,只有科学那个经过观察和实验确证的部分才应被当作是真理或谬误的候选者。不过,他们可能承认,当科学向前发展时,当越来越多的探索工具和实验技术被发明出来时,能够经受住实验确证的主张系列也扩展了。因此,对于承认原子论不是在 19 世纪而是在 20 世纪被证实的,反实在论者也不会有什么問題。后来的这种态度,在例如奥斯特瓦尔德那里表现得相当明显。

介绍了反实在论者的表态,并且说明了面对有关它的某些公认的异议人们可能如何为它辩护之后,我们现在应该来考察一下

5. 科学实在论与猜想实在论

我先从说明一种强硬的实在论开始,有人把这种实在论称之为“科学实在论(*scientific realism*)”。按照科学实在论的观点,科学的目的是,在所有层次而非仅仅在观察层次上,提供有关世界中的存在和世界的活动的真命题。此外,就科学已经获得了至少近似真实的理论和作出了某些至少符合实际的发现而言,可以说,它在朝着这个目标前进。因此,例如,科学已经发现了诸如电子和黑洞这样的事物,而且,尽管以前有关此类实体的理论已经被修改了,那些以前的理论还是近似真实的,这一点可以通过追溯它们与现代理论的近似方面来证明。我们不可能知道我们现在的理论是真实的,但与以前的理论相比,它们更真实,而当它们在未来被某种更精确的理论取代时,它们至少仍然还是近似的真理。科学实在论者认为,这些主张是与科学本身的主张等价的。据称,科学实在论是对科学成功的最佳解释,而且可以完全像参照世界对科学理论进行检验那样,参照科学史和当代科学对它进行检验。正是这种关于以科学史为参照的实在论具有可检验性的主张,被看作是为把实在论的这一分支命名为“科学的”提供了保证。理查德·博伊德[Richard Boyd (1984)]对我在这里概述的这种科学实在论进行了清晰的阐述。

这种强硬的实在论的一个关键问题,来源于科学史以及在什么程度上科学史揭示科学是可错的和可修改的。光学的历史提供了最有说服力的例子。光学在从牛顿的微粒说到现代的发展过程

中,经历了根本性的变革。按照牛顿理论,光是由一束束物质微粒构成的。取代了它的菲涅尔理论,把光解释为是一种无所不在的有弹性的以太之中的横波。麦克斯韦的电磁光学理论又重新把这些波解释为涨落的电场和磁场,不过,保留了那些场是某种以太的

239 状态的概念。在 20 世纪初叶,以太被排除了,而场本身作为一些实体被保留了下来。过了没多久,光子的引入又使得在光的波动特性上补充某种粒子方面的特性成为必要的了。我认为,实在论者和反实在论者同样都认为,这一系列理论从开始到结束是不断进步的。但是,这种进步怎样才能与科学实在论者的限制相一致呢?当证据有着剧烈的波动时,怎样才能把这一系列理论解释为朝着对世界中存在的现象愈来愈近似的表征前进呢?最初,人们是用粒子来表征光的,随后又把它表征为一种弹性介质中的波,然后又把它表征为场本身的涨落,最后又把它表征为光子。

无可否认,还有其他一些例子似乎更符合实在论的图景。电子的历史就是一个恰当的事例。在 19 世纪末叶第一次发现阴极射线形式的电子时,电子被解释为只不过是一种有很小质量并带有电荷的非常微小的粒子。玻尔必须按照他早期的电子的量子理论来描述这种情景,在这种理论中,电子像人们会预料的循环运动的带电粒子那样,在围绕着以原子核为中心的轨道上运动,原子核带正电但没有辐射。现在,电子被认为是具有半整数自旋的量子力学实体,它们能够在适当的环境中像波一样活动,并且遵循费米-狄拉克统计法而不遵循经典统计法。这样的推想是合理的,即在整个这段历史过程中,人们所指的和对之进行实验的是同样的电子,但是我们已经不断改进和修正了我们关于它们的知识,因

而也就可以合理地把这一系列关于电子的理论看作是逼近真理的。伊恩·哈金(1983)已经指出了一种从这种观点出发可以加强实在论立场的方法。他论证说,反实在论者不适当地过分强调了什么能够被观察和什么不能够被观察,但对在科学中实际可被操纵的是什么却没有足够的关注。他论证说,一旦通过某种受控的 240 方式可以对科学中的实体进行实际操作,并且用它们在其他物质环境中导致一些效应,就可以证明这些实体的真实存在。我们可以制造出正电子束,还可以把它们对准一些靶子从而以受控的方式导致某些效应,因此,尽管事实上无法直接观察到它们,它们怎么可能不是真实存在的呢?伊恩·哈金说,如果你能喷射它们,那么,它们就是真实存在的(第 23 页)。如果采用了这种判定真实存在的标准,那么,我有关光粒子和以太的例子也许不一定不利于实在论了,因为从未有人通过在实际中对那些实体的操纵来证实它们的真实存在。

有些实在论者认为科学实在论太强硬了,并且试图用不同方法弱化它。波普尔及其信徒们倡导的实在论的分支就属于这一种,可以把它称之为猜想实在论(conjectural realism)。猜想实在论者强调我们的知识的可错性,并且充分认识到,过去的理论以及它们有关世界中所存在的实体的主张,已经被更高级的以截然不同的方式解释世界的理论否定和取代了。我们并不知道,我们现在的哪些理论会经历类似的命运。因此,猜想实在论者将不会主张我们现在的理论已被证明是近似真实的,他们也不会明确地认定世界中存在的某些事物。猜想实在论者不会排除电子会经历与以太相同的命运的可能性。不过,它仍然坚持认为,科学的目的就是

发现关于实际存在物的真理,而对于理论,能够从它们在什么程度上可以说实现了这一目的来加以评价。猜想实在论者将会说,我们可以宣布过去的理论是错误的这一事实,预示着我们有一种清晰的关于理想的观念,而这是过去的理论所缺乏的。

241 尽管猜想实在论者会坚持说,他们的立场是科学中所采取的最富有成效的立场,但他们会猛然停止,不把他们的立场描述为科学的。科学实在论者主张,对他们的看法可以参照科学史进行检验,而且,他们的看法可以解释科学的成功。猜想实在论者认为这种雄心未免过大了。在科学中,在一个理论被承认是对一系列现象的一种解释之前,要求有一些关于该理论的独立证据是合理的,这里的独立是指不依赖被解释的现象。正如约翰·沃勒尔(1989b, 第 102 页)已经指出的那样,科学实在论毫无疑问能达到这一要求,因为毋庸置疑,存在着这样的证据,它们是独立于科学实在论所要解释的科学史的。一个具有普遍性的论点是,难以明白,一旦认真地把这些严格的要求,看作是在科学自身之中提出的对什么可算作有意义的确证的要求,科学实在论怎么能被历史证据确证。猜想实在论者把猜想实在论看作是一种哲学的而非科学的立场,可以根据它能够解决的哲学问题对它进行辩护。

猜想实在论存在的一个重要问题是它的主张的软弱无力。它并不断言,人们可以认识到现在的理论是真实的或近似真实的,它也不断言科学确实发现了某些在世界中存在的事物。它只是声称,科学的目标是要获知这些事物,当科学未能实现这一目标时,有一些辨认这一点的方法。猜想实在论者不得不承认,在科学中,即使获得了有关世界存在的真实理论和真实表征,也没有办法知

道这一点。也许真应该问一下:在最终达到对现代和过去的科学的某种理解和评价时,这种观点与最精湛的反实在论的观点究竟有何区别?

6. 理想化

对实在论的一种公认的异议,例如,迪昂(1962,第175页)所提出的异议,认为不能把理论理解为是对实在的真实描述,因为理论描述被理想化了,而世界并非像这种理想化的方式所描述的那 242 样。我们都会记得,我们在学校时所学的科学包含这样一些东西,如没有摩擦力的平面、点质量和不可伸长的弦等,而且我们都知道在世界中并不存在与这些描述相对应的事物。不应该认为,这种简化的方法只在基础性的课本中采用,而在后来更高级的科学中,所采用的是表征事物实际状态的更为复杂的描述。例如,牛顿科学把行星当作是点质量或均匀球体之类的东西,它在天文学中必然地获得了一些近似的成果。当量子力学被用来推导氢原子的属性例如它特有的光谱时,人们把氢原子与它周围的环境分离来考虑,把它看作是一个在带正电的质子附近运动的带负电的电子。真正的氢原子从来没有与它周围的环境相分离。卡诺循环和理想气体也是理想化的事例,它们在科学中起着关键的作用,但在现实世界中并没有与它们对应的事物存在。最后,我们注意到,从一种实在论的观点看,当精确的数学方程利用那些表征世界的不同系统的参量,例如一颗行星的位置和速度或者电子的电荷等,这时,这些参量的准确性总是被当作不确定的,而实验测量结果总是伴

随着某种范围的误差,所以,所测得的量将会被记为 $x \pm dx$,在这里, dx 代表误差的范围。因此,普遍的观点认为,理论描述是各种理想化的结果,它们不能与现实世界中的情况相对应。

我自己的观点是,科学中的理想化并没有给实在论引起人们通常所认为的那些麻烦。就所有实验测量结果确实具有不准确性而论,由此并不能必然地推论出所测量的量不具有精确值。我乐意证明,例如,在物理学中,尽管对每个电子的电荷的测量是不精确的,但我们有强有力的证据可以支持每个电子的电荷是绝对相等的这一主张。许多用显微镜可以观察的特性,例如金属的传导性以及气体的光谱,都取决于电子遵循费米-狄拉克统计法而不是经典的玻尔兹曼统计法的方式,因为这种见解非常有说服力,即电子是相同的。这个例子可能不会对认为电子是一种理论虚构的反实在论者有什么影响,不过,像哈金一样,在我看来,现在已经很平常的在实验中对电子的操纵,使得反实在论者对电子的态度非常难以置信。

按照前一章关于规律本质的讨论,可以把理想化看作是一种具有启发性的方法。在前一章已经指出,有一类常见的规律所描述的是,特定事物具有以一定方式活动或发挥作用的能动力量和倾向等。该章强调,不应当期待对这些能动力量和倾向的有序作用,会有一些可观察的随之发生的事件对它们作出反应,因为它们在其中发挥作用的系统是典型的复杂系统,这些系统同时还包含其他也在发挥作用的能动力量和倾向。因而,例如,无论我们试图使一个旨在测量放电管中阴极射线的偏转的实验做得多么精确,我们永远也无法完全排除附近的物质对电子产生的万有引力效

应、地球磁场的效应以及诸如此类的效应。人们承认,有关规律的因果说明能够理解科学规律的意义,而规律的规则观不成立,那么,就此而言,这就要求我们把规律看作是对在现象背后起因果作用的力量的描述,这些力量与其他力量结合在一起,导致了作为结果而出现的可观察的事件或系列事件。也就是说,对规律的因果说明是一种实在论的说明。反实在论者似乎不得不用某种规则观来理解规律在科学中的作用。我们在前一章讨论了他们所遇到的困难。

7. 非表象实在论或结构实在论

如果我们以最精致的实在论和反实在论为例,那么,这两种观点的每一种似乎都有某个重要的论点受人青睐。实在论者可以把注意力放在科学理论预见的成功上,并且可以问:如果理论仅仅是 244 计算手段,那么,怎么能解释这种成功呢?作为反驳,反实在论者可以指出,尽管实在论者不得不把过去的科学理论表征为错误的,但他们在预见方面取得过成功。理论中的这种戏剧性的转换,是有助于反实在论者的关键点。是否有一种立场设法把握双方最有价值的部分?过去,我曾尝试用一种我称之为非表象实在论(unrepresentative realism)的立场这样做。这种观点与约翰·沃勒尔(1989b)所提出的被他称之为结构实在论(structural realism)的立场有一些相似之处。我的这个用语没有流行起来。沃勒尔也许会更幸运一些。

从实在论者的观点看,光学的历史为我们提供了最令人困惑

的例子,因为我们看到,一些毫无疑问成功的理论,伴随着对光是什么的理解的变化而被推翻了。这样,我们不妨把注意力集中在这个问题的个案上,来看看在什么程度上可以拯救实在论的观点。波普尔派的实在论者热衷于反对实证主义或归纳主义对科学的理解,他们把注意力放在以前被合理地确证的理论的否定上,以此来支持他们的这一论点:无论有多少对科学知识有利的肯定的证据,科学知识仍然是可错的。依据这种精神,他们会坚持认为,譬如,菲涅尔的光的波动说已经被证明是错误的。(不存在有弹性的以太,而且波动说无法处理诸如光电效应这类现象,而且光展现出具有类似粒子的性质。)但是,这是否有助于把菲涅尔理论作为完全错误的而抛弃,或者说把它作为完全错误的而抛弃是否正确?毕竟,存在着许多这样的情况,在这些情况下光确实像波一样活动。菲涅尔理论不仅仅在预见方面取得了成功。它还在许多情况下,成功地认识到了光的周围的某种状况,而正是在这些情况下,光展现出其类似波的结构。恰恰是因为菲涅尔理论成功地把握了那种结构,它才能在预见上取得成功,它导致了令人瞩目的成功预见,例如对著名的白斑的预见。沃勒尔把注意力集中在菲涅尔理论的数学结构上,以此强调了这一点,并且指出,在菲涅尔对光的讨论中出现的许多方程,例如有关在透明物表面的反射和折射的详细情况的方程,仍然保留在现代理论之中。换句话说,从当代理解物质的观点来看,虽然事实上,菲涅尔对作为其方程基础的实在的某些解释已经被放弃了,但他的方程提供的对大量光学现象的描述却是真实的而不是虚假的。

科学试图表征实在的结构,并且就其以日益精确的程度在表

征方面取得的成功而言,它在稳步进步,从这种意义上讲,科学是实在论的。过去的科学理论,从其至少近似地把握了实在的结构而论,在预见上是成功的(因而它们在预见上的成功并非是不可解释的奇迹),这样,就避免了反实在论的一个重要问题。另一方面,从赋予实在的结构不断得到完善来说科学在稳步前进,而与此同时,伴随那些结构的表现物(有弹性的以太,作为承载物体但又与物体无关之容器的空间)却常常被替换。表现物总在转换,而数学结构在稳步地完善。因此“非表象实在论”和“结构实在论”这两个术语都有它们各自的用处。

物理学发展一个重要特征是,一个理论能够解释被它取代的理论所具有的成功程度,而这种解释已经超出了仅仅能够再现其预见成功的范围。菲涅尔的光学理论是成功的,因为在许多情况下,光确实具有光波的特性,当代理论补充而不是否定了这一事实。类似地,在许多这样的情况下,即所涉及的是一些并非过于巨大的、以远未接近光速之速度运动的物质,那么,从相对论的观点可以理解,把空间当作是与时间无关并且与它所承载的物体无关的容器,为什么是一种会使我们离错误不远的假设。任何关于 246
物理学进步的说明,必须能够适应这些普遍特性。至于人们把能够满足这一点的观点称之为什么,并没有多大关系。

8. 补充读物

这里的讨论在很大程度上依赖于约翰·沃勒尔(1982 和 1989b)的论文。关于科学实在论的论文集有 J. 莱普林(J. Lepin)

的著作(1984)。波普尔在 1969 年版的著作(第 3 章)和 1983 年版的著作中针对工具主义为实在论进行了辩护。迪昂 1962 年版的著作和 1969 年版的著作以及彭加勒(1952)的著作都是为反实在论辩护的经典,范·弗拉森(1980)的著作则是这类辩护的现代版。

第十六章 结语

247

在结论部分,我将对以前诸章已经讨论过的问题进行一些反思。我将提出三个相互关联的疑问或问题,在我撰写本书时它们就令我担忧,而且现在仍令我担忧。

1. 我是否回答了构成本书标题的问题? 科学究竟是什么?

2. 本书所提供的历史事例与所辩护的哲学论题之间的关系是什么? 这些例子是否构成了我的论点的证据,抑或它们仅仅是一些说明?

3. 怎样把本书第十二章和第十三章所讨论的贝叶斯学派和新实验主义者关于科学的普遍主张,与第十一章论述的反对方法的论点联系起来? 如果不存在关于科学的普遍说明,那么所有对问题的进一步讨论难道不是多余的吗?

我的回答如下:我重申,不存在这样一种关于科学和科学方法的普遍主张,它可以适用于所有科学和科学发展的所有历史阶段。当然,哲学没有办法提供这样一种说明。从某种意义上说,构成本书标题的问题是被误导的。不过,对不同阶段的不同科学进行表征仍是一项既有意义又重要的工作。在本书中,我试图对从17世纪科学革命时代到现代的物理学进行表征(尽管我避开了对这样的问题的探讨,即在什么程度上诸如量子力学和量子场论这样的

现代创新涉及一些全新的特性)。这项任务包括,主要通过适当的
248 历史事例展示物理学的特性。因此,这些历史事例就构成了论点的一个重要组成部分,而不仅仅是关于它的说明。

尽管看起来,对于物理学的说明远未能提出一个具有普遍意义的有关科学的定义,但它并非是毫无用处的,正像例如有关“创世科学”的地位的争论所例证的那样,它最终引起了有关什么可算是或不是科学的辩论。我推测,那些为被称之为创世科学的学科辩护的人的主要目的,就是要显示它所具有的特征与诸如物理学这样的公认科学的特征类似。本书所辩护的立场可以对这种主张作出评价。通过展示物理学所探索的是什么类型的知识主张,可以获得什么类型的证实这些主张的方法,以及已经取得了什么类型的成功,我们就有了与创世科学相比较所需要的基础。一旦展示出这些学科之间的相似性和差异,我们也就有了对它们作出明智的评价所需要的一切,对于把创世科学称之为科学如何予以合理的解释,我们就能作出评价。关于科学的具有普遍意义的说明并非是必不可少的。

在上一段之前的那段论述中,我指出,对于我对物理学的描述,可参照“适当的历史事例”为之辩护。在这里需要作一些详细的说明。所谓适当的事例是与物理学作为知识而发挥作用的方式相关的。它们涉及物理学中所提出的有关世界的主张,以及这些主张被用来影响世界的方式和以世界为参照检验这些主张的方式。它们涉及了哲学家所说的科学认识论。科学哲学的研究是通过一系列展示和阐明科学的认识论功能的历史事例而展开的。所涉及的那种科学史,是一种有选择的历史,当然,并非只有这种科

学史是可能的或重要的。科学知识的生产总是在一定的社会环境中进行,在这一环境中,科学生产的目的是与具有不同目的的其他 249 实践相互关联的,例如,科学家的个人目的或专业目的,提供基金的机构的经济目的,各种宗教或政治团体的意识形态利益,等等。探索这些联系的史学研究既是合理的也是重要的,不过我要声明,这种探讨脱离了本书的主题。现在流行着各种各样的“科学的社会研究”,它们暗示,如果对科学所具有的社会性的充分意义没有适当的关注,我在本书中所从事的这种认识论研究是无法完成的。在本书中,我并没有正面应对这些思想学派提出的挑战。我甘愿证明,他们所说的无法完成的事的确可以简单地通过付诸行动来完成。我在我的《科学及其构造》(1990)一书中尝试着使说明与当代关于科学的社会研究相一致,我相信我在该书中讲得很清楚,我认为对科学的社会方面和政治方面的研究有着巨大的重要意义。而现在的争论点是,这种研究在认识论方面的相关性。

现在,我要根据我对普遍方法的否定,转过来讨论贝叶斯主义和新实验主义的地位的问题。贝叶斯主义看起来是对一般意义的科学推理进行说明的一种尝试,这一点在豪森和乌尔巴赫 1989 年版的著作的标题中清楚地表明了。然而,这种印象经不住分析。即使我们毫不怀疑地接受贝叶斯方法,这种方法给我们提供的,也只不过是一种根据新的证据调整赋予信念的概率的一般方式。它并没有把科学推理挑选出来,并把科学推理与其他领域进行区别。的确,贝叶斯主义最有效的应用是在博弈而不是科学之中。因此,如果贝叶斯主义想要告诉我们有关特定科学的某种与众不同的情况,必须通过关于各种信念的说明以及关于在科学中出现的对它

250 们有影响的证据的说明,对它加以扩充。我认为,只有仔细观察科学本身才能做到这一点。此外,我还认为,在这样做时,在不同的科学中会出现一些差异,甚至在单一科学中会出现方法的量的变化。也就是说,纵然贝叶斯方法是正确的,它仍然不能对普遍方法的否定构成威胁,而且依然需要我所提倡的科学认识论史。

新实验主义确实揭示了物理学和生物科学中实验的某些重要特性以及实验成就。然而,由此而产生的对科学的说明,并不能被看作是那种对科学的普遍说明。通过举例,新实验主义者已经证明了自然科学实验在过去 300 年间的效力和成就,黛博拉·迈约通过诉诸误差理论和误差统计学为许多实验推理提供了某种形式的基础。这算不上是对科学的普遍说明,理由有两个。第一,新实验主义中对实验操作的强调,使得这种说明在很大程度与对某些学科的说明无关了,因为在这些学科尤其是在社会科学和史学中,实验操作是不可能或不适当的。可以想象,把科学等同于实验科学便能避免这个结论,但这样一来,就很难满足那些希望把自己称之为例如政治科学家或基督教科学家的人的愿望。第二,正如本书第十三章已经证明的那样,就其未能对理论在科学中所起到的各种关键作用作出适当的说明而论,新实验主义的说明是不全面的。我认为,这个问题在彼得·加里森 1997 年版的著作中非常明显,在该书中,他把注意力集中在粒子探测器和粒子计数器以及它们的性能和发展方面,对 20 世纪微观粒子物理学的发展进行了内容丰富的说明。但该书并没有阐明粒子的实验发现与包括对称性原理和守恒原理在内的高层次理论的关系,而正是根据这些理论,人们
251 才可以理解粒子并对之进行分类。在撰写这篇结语时,我认为,在

自然科学哲学中,一个显著的和紧迫的问题是,用经过详细的个案研究证实的、相当新的关于理论在实验科学中之作用或不同作用的说明,扩展新实验主义的洞察能力。

随后出现的历史反思,说明了从新实验主义者的研究中寻求有关科学的普遍表征或描述是很困难的,而且也说明了我计划从事的澄清理论与实验之间关系的本质研究的意义。在科学革命的时代,认为人应该通过实验操纵世界来理解世界的思想,绝不是什么新东西。炼金术被广泛地理解为是现代化学的先驱,它致力于有目的的物质转变,而不仅仅是狭义地把金属转变成黄金;它的历史可以追溯到古代,在中世纪达到了鼎盛时期。这种实践并不是特别成功的。这种缺乏成功的现象不能简单地归因于没有理论指导。众多原子论和其他的物质理论为炼金术士的工作提供了知识。如果有人倾向于忽略理论而只关注实验实践,那么,在 16 和 17 世纪的冶金家和制药者的工艺传统中,也能发现重大的进步。不过,可以看出,这里所涉及的知识与化学是有本质的区别的。化学产生于 17 世纪末和 18 世纪,这时的化学的确包含了“理论”,但却是与原子论相距甚远的水平非常低的理论。在 18 世纪初叶,人们所需要并且得到的是一种关于化合和物质重组的概念,其中包含着这样的思想,当物质化合时,它会在作为结果的化合物中继续存在,并且可以通过适当的操作重新把它提取出来。物质被分为酸性的和碱性的,通过使一类物质与另一类物质的中和,就可以产生盐,这些提供了一种组织研究的方法,可以在不需要某种原子论 252 或其他物质理论的情况下,使进步成为可能。在进入 19 世纪时,把这类思考与实验联系在一起的时机仍未成熟。因此,即使我们

把讨论限制在化学领域,有关实验在科学中的作用以及它与理论的关系的问题,仍是一个复杂的与历史相关的问题。

作为结语,我想评论一下本书所探讨的有关科学的观点与科学家的工作之间的关系。由于我否认存在着一种哲学家可以获得且可以为鉴定科学提供标准的关于科学的普遍说明,而且我已证明,对不同科学的说明只能通过密切关注科学本身而获得,也许有人会得出结论说,科学哲学家的观点是多余的,唯有科学家自己的观点才是重要的。也许可以认为,就我已经成功地阐明了我的主张而言,我已经完成了我的工作。因而,上述这种结论(对我来说幸亏)是没有根据的。尽管确实,科学家本人是最有能力从事科学的实践者,而且不需要哲学家的建议,但是,科学家并非特别擅长脱离他们的工作而对那种工作进行描述和表征。在推动科学进步方面,科学家们通常是很出色的,但在阐明那种进步由什么构成方面,他们并不是特别出色。这就是科学家并不是特别善于进行有关科学的本质和地位的争论的原因,也是当例如在评价创世科学的过程中出现有关科学的本质和地位的争论时,他们通常不能很好地完成的原因。本书不打算对科学有所贡献,甚至也没打算对我集中讨论的物理学有所贡献。相反,在很大程度上,我试图通过历史事例来澄清物理学是什么或者已经是什么。

补充读物

有关中世纪的炼金术以及所涉及的各种原子理论,请参见 W. R. 纽曼(W. R. Newman)的著作(1994)。在纽曼和 L. M. 普林

西皮(L. M. Principe)合作的论文(1998)中,可以找到有关把炼金术解释为化学而不是对其进行狭义的解释的主张,以及对转向 17 世纪时所发明的对“炼金术”的狭义解释的说明。关于化合能够使新的化学科学在 18 世纪得以持续的观点,请参见 U. 克莱因(U. Klein)1995 年和 1996 年的论文,那里有初步的说明。

参 考 书 目

- Ackermann, R. J. (1976). *The Philosophy of Karl Popper* (《卡尔·波普尔的哲学》). Amherst, University of Massachusetts Press.
- Ackermann, R. (1989). "The New Experimentalism" (《新实验主义》), *British Journal for the Philosophy of Science*, 40, 185 - 190.
- Anthony, H. D. (1948). *Science and Its Background* (《科学及其背景》). London, Macmillan.
- Armstrong, D. M. (1983). *What is a Law of Nature?* (《自然规律是什么?》). Cambridge, Cambridge University Press.
- Ayer A. J. (1940). *The Foundations of Empirical Knowledge* (《经验知识的基础》). London, Macmillan.
- Bamford, G. (1993). "Popper's Explications of Ad Hocness: Circularity, Empirical Content and Scientific Practice" (《波普尔对特设性的说明:迂回、经验内容和科学实践》), *British Journal for the Philosophy of Science*, 44, 335 - 355.
- Barker, E. (1976). *Social Contract: Essays by Locke, Hume and Rousseau* (《社会契约:洛克、休谟和卢梭论文集》). Oxford, Oxford University Press.
- Barnes, B. (1982). *T. S. Kuhn and Social Science* (《库恩与社会科学》). London, Macmillan.
- Barnes, B., Bloor, D. and Henry J. (1996). *Scientific Knowledge: A Sociological Analysis* (《科学知识的社会学分析》). Chicago, University of Chicago Press.
- Bhaskar, H. (1978). *A Realist Theory of Science* (《实在论的科学理论》). Hassocks, Sussex, Harvester.
- Block, I. (1961). "Truth and Error in Aristotle's Theory of Sense Perception" (《亚里士多德感官知觉理论中的真理与谬误》), *Philosophical Quarterly*, 11,

1-9.

- Bloor D. (1971). "Two Paradigms of Scientific Knowledge" (《科学知识的两个范式》), *Science Studies*, 1, 101-115.
- Boyd, R. (1984). "The Current Status of Scientific Realism" (《科学实在论现状》) in Leplin (1984), pp. 41-82.
- Buchwald, J. (1989). *The Creation of Scientific Effects* (《科学成果的创造》). Chicago, University of Chicago Press.
- Brown, H. J. (1977). *Perception, Theory and Commitment: The New Philosophy of Science* (《知觉、理论与信奉:新科学哲学》). Chicago, University of Chicago Press.
- Cartwright, N. (1983). *How the Laws of Physics Lie* (《物理学规律如何说谎》). Oxford, Oxford University Press.
- Cartwright, N. (1989). *Nature's Capacities and Their Measurement* (《自然的能力及其测量》). Oxford, Oxford University Press.
- Chalmers, A. F. (1973). "On Learning from Our Mistakes" (《从我们的错误中学习》), *British Journal for the Philosophy of Science*, 24, 164-173.
- Chalmers, A. F. (1984). "A Non-Empiricist Account of Experiment" (《对实验的非经验主义说明》), *Methodology and Science*, 17, 95-114.
- Chalmers, A. F. (1985). "Galileo's Telescopic Observations of Venus and Mars" (《伽利略用望远镜对金星和火星的观察结果》), *British Journal For the Philosophy of Science*, 36, 175-191.
- Chalmers, A. F. (1986). "The Galileo that Feyerabend Missed: An Improved Case Against Method" (《费耶阿本德未看到的伽利略:一个改进的反对方法的个案》) in J. A. Schuster and R. A. Yeo (eds), *The Politics and Rhetoric of Scientific Method*. Dordrecht, Reidel, pp. 1-33.
- Chalmers, A. F. (1990). *Science and Its Fabrication* (《科学及其构造》). Milton Keynes, Open University Press.
- Chalmers, A. F. (1993). "The Lack of Excellency of Boyle's Mechanical Philosophy" (《玻意耳的机械论哲学乏善可陈》), *Studies in History and Philosophy of Science*, 24, 541-564.

- Chalmers, A. F. (1995). "Ultimate Explanation in Science" (《科学中的最终解释》), *Cogito*, 9, 141 - 145.
- Chalmers, A. F. (1999). "Making Sense of Laws of Physics" (《理解物理学规律的意义》) in H. Sankey (ed.), *Causation and Laws of Nature*. Dordrecht, Kluwer.
- Christie, M. (1994). "Philosophers versus Chemists Concerning 'Laws of Nature'" (《哲学家与化学家论“自然规律”》), *Studies in History and Philosophy of Science*, 25, 613 - 629.
- Clavelin, M. (1974). *The Natural Philosophy of Galileo* (《伽利略的自然哲学》). Cambridge, Mass., MIT Press.
- Cohen, H. S., Feyerabend, P. K. and Wartofsky M. W. (eds) (1976). *Essays in Memory of Imre Lakatos* (《伊姆雷·拉卡托斯纪念文集》). Dordrecht, Reidel.
- Davies, J. J. (1968). *On the Scientific Method* (《论科学方法》). London, Longman.
- Dorling, J. (1979). "Bayesian Personalism and Duhem's Problem" (《贝叶斯学派的人格主义与迪昂问题》), *Studies in History and Philosophy of Science*, 10, 177 - 187.
- Drake, S. (1957). *The Discoveries and Opinions of Galileo* (《伽利略的发现与见解》). New York, Doubleday.
- Drake, S. (1978). *Galileo at Work* (《伽利略的科学生涯》). Chicago, Chicago University Press.
- Duhem, P (1962). *The Aim and Structure of Physical Theory* (《物理学理论的目的与结构》). New York, Atheneum.
- Duhem, P (1969). *To Save the Phenomena* (《拯救现象》). Chicago, University of Chicago Press.
- Duncan, M. M. (1976). *On the Revolutions of the Heavenly Spheres* (《评〈天体运行论〉》). New York, Barnes and Noble.
- Earman, J. (1992). *Bayes or Bust? A Critical Examination of Bayesian Confirmation Theory* (《贝叶斯还是失败? 对贝叶斯学派确证理论的批判性考察》).

- Cambridge, Mass., MIT Press.
- Edge, D. O. and Mulkay, M. J. (1976). *Astronomy Transformed* (《变革的天文学》). New York, Wiley Interscience.
- Feyerabend, P. K. (1970). "Consolations for the Specialist" (《对专家的安慰》) in Lakatos and Musgrave (1970), pp. 195 – 230.
- Feyerabend, P. K. (1975). *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge* (《反对方法: 无政府主义认识论纲要》). London, New Left Books.
- Feyerabend, P. K. (1976). "On the Critique of Scientific Reason" (《对科学理性的批评》) in Howson (1976, pp. 209 – 239).
- Feyerabend, P. K. (1978). *Science in a Free Society* (《自由社会中的科学》). London, New Left Books.
- Feyerabend, P. K. (1981a). *Realism, Rationalism and Scientific Method. Philosophical Papers, Volume I* (《实在论、理性主义与科学方法 (哲学论文集第一卷)》). Cambridge, Cambridge University Press.
- Feyerabend, P. K. (1981b). *Problems of Empiricism. Philosophical Papers, Volume II* (《经验主义问题 (哲学论文集第二卷)》). Cambridge, Cambridge University Press.
- Franklin, A. (1986). *The Neglect of Experiment* (《对实验的忽视》). Cambridge, Cambridge University Press.
- Franklin, A. (1990). *Experiment, Right or Wrong* (《正确或错误的实验》). Cambridge, Cambridge University Press.
- Galileo (1957). "The Starry Messenger" (《星际使者》) in S. Drake (1957).
- Galileo (1967). *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems* (《关于两大世界体系的对话》), transl. S. Drake. Berkeley, California, University of California Press.
- Galileo (1974). *Two New Sciences* (《两种新科学》), transl. S. Drake. Madison, University of Wisconsin Press.
- Galison, P. (1987). *How Experiments End* (《实验如何结束》). Chicago, University of Chicago Press.

- Galison, P. (1997). *Image and Logic: A Material Culture of Physics* (《形象与逻辑:物理学的物质文化》). Chicago, University of Chicago Press.
- Gaukroger, S. (1978). *Explanatory Structures* (《解释的结构》). Hassocks, Sussex, Harvester
- Geymonat, L. (1965). *Galileo Galilei* (《伽利略·伽利莱》). New York, McGraw Hill.
- Glymour, C. (1980). *Theory and Evidence* (《理论与证据》). Princeton, Princeton University Press.
- Goethe, J. W. (1970). *Theory of Colors* (《颜色理论》), transl. C. L. Eastlake. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Gooding, D. (1990). *Experiment and the Making of Meaning: Human Agency in Scientific Observation and Experiment* (《实验和意义的理解:人在科学观察和实验中的作用》). Dordrecht, Kluwer.
- Hacking, I. (1983). *Representing and Intervening* (《呈现和干预》). Cambridge, Cambridge University Press.
- Hanfling, O. (1981). *Logical Positivism* (《逻辑实证主义》). Oxford, Basil Blackwell.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of Discovery* (《发现的模式》). Cambridge, Cambridge University Press.
- Hempel, C. G. (1966). *Philosophy of Natural Science* (《自然科学的哲学》). Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
- Hertz, H. (1962). *Electric Waves* (《电波》). New York, Dover.
- Hirsch, P. B., Home, R. W. and Whelan, M. J. (1956). "Direct Observation of the Arrangements and Motions of Dislocations in Aluminium" (《对铝中位错的排列和运动的直接观察》), *Philosophical Magazine*, 1, 677 - 684.
- Hooke, R. (1665). *Micrographia* (《显微术》). London, Martyn and Allestry.
- Horwich, R (1982). *Probability and Evidence* (《概率和证据》). Cambridge, Cambridge University Press.
- Howson, C. (ed.) (1976). *Method and Appraisal in the Physical Sciences* (《物理科学中的方法与评价》). Cambridge, Cambridge University Press.

- Howson, C. and Urbach, P. (1989). *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach* (《科学推理:贝叶斯方法》). La Salle, Illinois, Open Court.
- Hoyningen-Huene, P. (1993). *Reconstructing Scientific Revolutions: Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science* (《科学革命的重构:托马斯·S. 库恩的科学哲学》). Chicago, University of Chicago Press.
- Hume, D. (1939). *Treatise on Human Nature* (《人性论》). London, Dent.
- Klein, U. (1995). "E. F. Geoffroy's Table of Different 'Rapports' Observed Between Different Chemical Substances" (《杰弗里不同化学物质已观察到的不同“关系”的简表》), *Ambix*, 42, 79 - 100.
- Klein, U. (1996). "The Chemical Workshop Tradition and the Experimental Practice: Discontinuities Within Continuities" (《化学作坊传统与实验实践:连续性中的不连续》), *Science in Context*, 9, 251 - 287.
- Kuhn, T. (1959). *The Copernican Revolution* (《哥白尼革命》). New York, Random House.
- Kuhn, T. (1970a). *The Structure of Scientific Revolutions* (《科学革命的结构》). Chicago, University of Chicago Press.
- Kuhn, T. (1970b). "Logic of Discovery or Psychology of Research" (《发现的逻辑还是研究的心理学》) in Lakatos and Musgrave (1970), pp. 1 - 20.
- Kuhn, T. (1970c). "Reflections on My Critics" (《对批评的答复》) in Lakatos and Musgrave (1970), pp. 231 - 278.
- Kuhn, T. (1977). *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change* (《必要的张力:科学的传统和变革论文选》). Chicago, University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1968). *The Problem of Inductive Logic* (《归纳逻辑问题》). Amsterdam, North Holland.
- Lakatos, I. (1970). "Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes" (《否认与科学研究纲领方法论》) in Lakatos and Musgrave (1970), pp. 91 - 196.
- Lakatos, I. (1971). "Replies to Critics" (《对批评者的答复》) in R. Buck and R. S. Cohen (eds), *Boston Studies in the Philosophy of Science, Volume 8*. Dor-

drecht, Reidel.

Lakatos, I. (1976a). "Newton's Effect on Scientific Standards" (《牛顿对科学标准的影响》) in Worrall and Currie (1978a), pp. 193 - 222.

Lakatos, I. (1976b). *Proofs and Refutation* (《证明与反驳》). Cambridge, Cambridge University Press.

Lakatos, I. (1978). "History of Science and Its Rational Reconstruction" (《科学史及其理性重建》) in Worrall and Currie (1978a), pp. 102 - 138.

Lakatos, I. and Musgrave, A. (eds) (1970). *Criticism and the Growth of Knowledge* (《批判与知识的增长》). Cambridge, Cambridge University Press.

Lakatos, I. and Zahar, E. (1975). "Why Did Copernicus' Programme Supersede Ptolemy's" (《为什么哥白尼纲领取代了托勒密纲领》) in R. Westman (ed.), *The Copernican Achievement*. Berkeley, California, University of California Press.

Larvor, B. (1998). *Lakatos: An Introduction* (《拉卡托斯导论》). London, Routledge.

Laudan, L. (1977). *Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth* (《进步及其问题:走向科学增长论》). Berkeley, University of California Press.

Laudan, L. (1984). *Science and Values: The Aims of Science and Their Role in Scientific Debate* (《科学与价值:科学的目的及其在科学争论中的作用》). Berkeley, University of California Press.

Leplin, J. (1984). *Scientific Realism* (《科学实在论》). Berkeley University of California Press.

Locke, J. (1967). *An Essay Concerning Human Understanding* (《人类理智论》). London, Dent.

Maxwell, J. C. (1877). "The Kinetic Theory of Gases" (《气体运动理论》), *Nature*, 16, 245 - 246.

Maxwell, J. C. (1965). "Illustrations of the Dynamical Theory of Gases" (《气体运动理论的例证》) in W D. Niven (ed.), *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, 2 Volumes. New York, Dover.

- Mayo, D. (1996). *Error and the Growth of Experimental Knowledge* (《错误与实验知识的增长》). Chicago, University of Chicago Press.
- Mentet, J. (1956). "The Direct Study by Electron Microscopy of Crystal Lattices and Their Imperfections" (《运用电子显微镜对晶格及其不完整性直接研究》), *Proceedings of the Royal Society, A*, 236, 119 - 135.
- Mill, J. S. (1975). *On Liberty* (《论自由》). New York, Norton.
- Mulkay, M. (1979). *Science and the Sociology of Knowledge* (《科学与知识社会学》). London, Allen and Unwin.
- Musgrave, A. (1974a). "The Objectivism of Popper's Epistemology" (《波普尔认识论中的客观主义》) in Schilpp (1974, pp. 560 - 596).
- Musgrave, A. (1974b). "Logical Versus Historical Theories of Confirmation" (《确证的逻辑理论与历史理论》), *British Journal for the Philosophy of Science*, 25, 1 - 23.
- Nersessian, N. (1984). *Faraday to Einstein: Constructing Meaning in Scientific Theories* (《从法拉第到爱因斯坦: 科学理论中意义的构造》). Dordrecht, Kluwer.
- Newman, W. R. (1994). *Gehennical Fire: The Lives of George Starkey, an American Alchemist in the Scientific Revolution* (《地狱之火: 乔治·斯塔基传——一个经历了科学革命的美国炼金术士》). Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Newman, W. R. and Principe, L. M. (1998). "Alchemy vs Chemistry: the Etymological Origins of a Historiographic Mistake" (《炼金术与化学: 一个编年史错误的语源学由来》), *Early Science and Medicine*, 3, 32 - 65.
- Nye, M. J. (1980). "N-rays: An Episode in the History and Psychology of Science" (《N射线: 科学史和科学心理学上的一个插曲》), *Historical Studies in the Physical Sciences*, 11, 125 - 156.
- O'Heat, A. (1980). *Karl Popper* (《卡尔·波普尔》). London, Routledge and Kegan Paul.
- Poincaré, H. (1952). *Science and Hypotheses* (《科学与假说》). New York, Dover.

- Polanyi, M. (1973). *Personal Knowledge* (《个人知识》). London, Routledge and Kegan Paul.
- Popper, K. R. (1969). *Conjectures and Refutations* (《猜想与反驳》). London, Routledge and Kegan Paul.
- Popper, K. R. (1972). *The Logic of Scientific Discovery* (《科学发现的逻辑》). London, Hutchinson.
- Popper, K. R. (1974). "Normal Science and Its Dangers" (《常态科学及其危险》) in Lakatos and Musgrave (1974, pp. 51 - 58).
- Popper, K. R. (1979). *Objective Knowledge* (《客观知识》). Oxford, Oxford University Press.
- Popper, K. R. (1983). *Realism and the Aim of Science* (《实在论与科学的目的》). London, Hutchinson.
- Price, D. J. de S. (1969). "A Critical Re-estimation of the Mathematical Planetary Theory of Ptolemy" (《对托勒密的数学行星理论的批判再评价》) in M. Clagett (ed.), *Critical Problems in the History of Science*. Madison, University of Wisconsin Press.
- Quine, W. V. O. (1961). "Two Dogmas of Empiricism" (《经验主义的两个教条》) in *From a Logical Point of View*. New York, Harper and Row.
- Ravetz, J. R. (1971). *Scientific Knowledge and Its Social Problems* (《科学知识及其社会问题》). Oxford, Oxford University Press.
- Rosen, E. (1962). *Three Copernican Treatises* (《哥白尼的三篇论文》). New York, Dover
- Rosenkrantz, R. D. (1977). *Inference, Method and Decision: Towards a Bayesian Philosophy of Science* (《推理、方法和决策:走向贝叶斯主义的科学哲学》). Dordrecht, Reidel.
- Rowbotham, F. J. (1918). *Story Lives of Great Scientists* (《伟大科学家的传奇生涯》). Wells, Gardner and Darton.
- Russell, B. (1912). *Problems of Philosophy* (《哲学问题》). Oxford, Oxford University Press.
- Salmon, W. (1966). *The Foundations of Scientific Inference* (《科学推理的基础》).

- Pittsburgh, University of Pittsburgh Press.
- Schilpp, P. A. (ed.) (1974). *The Philosophy of Karl Popper* (《卡尔·波普尔的哲学》). La Salle, Illinois, Open Court.
- Shapere, D. (1982). "The Concept of Observation in Science and Philosophy" (《科学和哲学中的观察概念》), *Philosophy of Science*, 49, 485 - 525.
- Stove, D. (1973). *Probability and Hume's Inductive Skepticism* (《概率与休谟的归纳怀疑论》). Oxford, Oxford University Press.
- Thomason, N. (1994). "The Power of ARCHED Hypotheses: Feyerabend's Galileo as a Closet Rationalist" (《弓形假说的力量: 费耶阿本德的伽利略是隐蔽的理性主义者》), *British Journal for the Philosophy of Science*, 45, 255 - 264.
- Thomason, N. (1998). "1543 - The Year That Copernicus Didn't Predict the Phases of Venus" (《1543——哥白尼没有预见到金星相位的一年》) in A. Coronese and G. Freeland (eds), *1543 and All That*. Dordrecht, Reidel.
- Thurber J. (1933). *My Life and Hard Times* (《我的一生和艰苦的岁月》). New York, Harper.
- van Fraassen, Bas C. (1980). *The Scientific Image* (《科学想象》). Oxford, Oxford University Press.
- van Fraassen, Bas C. (1989). *Laws and Symmetry* (《规律与对称》). Oxford, Oxford University Press.
- Woolgar, S. (1988). *Science: The Very Idea* (《科学这种观念》). London, Tavistock.
- Worrall, J. (1976). "Thomas Young and the 'Refutation' of Newtonian Optics: A Case Study in the Interaction of Philosophy of Science and History" (《托马斯·扬与对牛顿光学的“反驳”: 科学哲学与科学史相互作用的个案研究》) in Howson (1976, pp. 107 - 179).
- Worrall, J. (1982). "Scientific Realism and Scientific Change" (《科学实在论与科学变迁》) in *Philosophical Quarterly*, 32, 201 - 231.
- Worrall, J. (1985). "Scientific Reasoning and Theory Confirmation" (《科学推理与理论确证》) in J. Pitt (ed.), *Change and Progress in Modern Science*. Dordrecht, Reidel.

- Worrall, J. (1988). "The Value of a Fixed Methodology" (《稳定的方法论的价值》), *British Journal for the Philosophy of Science*, 39, 263 - 275.
- Worrall, J. (1989a). "Fresnel, Poisson and the White Spot: The Role of Successful Predictions in Theory Acceptance" (《菲涅尔、泊松和白斑:成功的预见在接受理论中的作用》) in D. Gooding, S. Schaffer and T. Pinch (eds), *The Uses of Experiment: Studies of Experiment in Natural Science*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Worrall, J. (1989b). "Structural realism: The Best of Both Worlds?" (《结构实在论:两个世界中最好的理论?》), *Dialectica*, 43, 99 - 124.
- Worrall, J. and Currie, G. (eds) (1978a). *Imre Lakatos, Philosophical Papers, Volume I: The Methodology of Scientific Research Programmes* (《伊姆雷·拉卡托斯哲学论文集第一卷:科学研究纲领方法论》). Cambridge, Cambridge University Press.
- Worrall, J. and Currie, G. (eds) (1978b). *Imre Lakatos, Philosophical Papers Volume 2: Mathematics, Science and Epistemology* (《伊姆雷·拉卡托斯哲学论文集第二卷:数学、科学与认识论》). Cambridge, Cambridge University Press.
- Zahar E. (1973). "Why Did Einstein's Theory Supersede Lorentz's" (《为什么爱因斯坦的理论取代了洛伦兹的理论》), *British Journal for the Philosophy of Science*, 24, 95 - 123 and 223 - 263.

索引*

- Abbe, E. 阿贝, 211
- Ackermann, Robert 罗伯特·阿克曼, 86, 194, 212
- Adams, J. C. 亚当斯, 78, 136
- Adler, A. 阿德勒, 64, 73
- Althusser, Louis 路易·阿尔杜塞, xiv
- Ampere, A. M. 安培, 195, 196
- Anthony, H. D. 安东尼, 1
- Aquinas, Thomas 托马斯·阿奎纳, 164
- Arago. F. 阿拉戈, 206, 235
- Archimedes 阿基米得, 215
- Aristarchus 阿利斯塔克, 151
- Aristotle 亚里士多德, 2, 15, 218
 falsification and 否认与亚里士多德, 71—72, 76, 93, 95, 97, 100
 Feyerabend's ideas and 费耶阿本德的思想与亚里士多德, 151, 152
 method and 方法与亚里士多德, 161, 163—164, 171
 paradigms and 范式与亚里士多德, 113, 114, 115, 121, 142
- Armstrong, D. M. 阿姆斯特朗, 225
- Ayer, A. J. 艾耶尔, 18
- Bamford, Greg 格雷格·班福德, 185
- Barker, E. 巴克, 254
- Barnes, B. 巴恩斯, 18, 129
- Bayes, Thomas 托马斯·贝叶斯, xvi, 174—192, 193, 194, 247, 249, 250
- Berkeley, George 乔治·贝克莱, 3
- Bhaskar, R. 巴斯卡, 225
- Blake, Terry 特里·布莱克, xiv
- Block, Irving 欧文·布洛克, 163—164
- Bloor, D. 布鲁尔, 18, 129

* 条目后的数字均为原书页码,亦即中译本边码。——译者

- Bohr, N. 玻尔, 91—92, 134, 239
- Boltzmann, Ludwig 路德维希·玻尔兹曼 125, 243
- Boyd, Richard 理查德·博伊德, 238
- Boyle, Robert 罗伯特·玻意耳, 169—170, 173, 213—214, 219—220, 224—225
- Brahé, Tycho 第谷·布拉赫, 89—90, 100, 133, 166, 167, 168
- Brown, H. J. 布朗, 18
- Buchwald, Jed 杰德·布赫瓦尔德, 197
- Carnap, Rudolph 鲁道夫·卡尔纳普, 59, 157
- Carnot, S. 卡诺, 242
- Cartwright, Nancy 南希·卡特赖特, xvi, 225
- Cavendish, Henry 亨利·卡文迪什, 134, 216
- Chalmers, Alan 艾伦·查尔默斯, 26, 40, 86, 159—160, 161, 173, 225, 249
- Chang, Hasok 哈索克·张, xvii
- Christie, M. 克里斯蒂, 225
- Clavelin, Maurice 莫里斯·克拉维林, 163
- Clavius, C. 克拉维乌斯, 166
- Cohen, R. S. 科恩, 148
- Comte, Auguste 奥古斯特·孔德, 3
- Copernicus, N. 哥白尼, 16—17
falsification and 否认与哥白尼, 82, 87, 89, 92—101
Feyerabend and 费耶阿本德与哥白尼, 151, 152, 167
Lakatos and 拉卡托斯与哥白尼, 131, 132, 139, 140—141, 144, 145
moons of Jupiter and 木星的卫星与哥白尼, 22—23
new experimentalism and 新实验主义与哥白尼, 210, 212
paradigms and 范式与哥白尼, 104, 110, 113, 116, 124
realism and anti-realism 实在论与反实在论, 236, 237
- Coulomb, A. 库仑, 222, 226—227
- Currie, G. 柯里, 130, 146, 148
- Curthoys, Jean 让·居尔特瓦, xiii
- Dalton, J. 道尔顿, 115
- Darwin, C. 达尔文, xxi, 10
- Davies, J. J. 戴维斯, 1
- Democritus 德谟克利特, 161
- Descartes, R. 笛卡儿, 109, 115
- Dickens, Charles 查尔斯·狄更斯, xx
- Dirac, P. A. M. 狄拉克, 239, 243
- Dorling, Jon 乔恩·多林, 179—180,

- 181, 192
- Drake, Stillman 斯蒂尔曼·德雷克, 24, 166
- Duhem, Pierre 皮埃尔·迪昂, 89, 182—183, 237, 241, 246
- Duncan, M. M. 邓肯, 17
- Earman, J. 埃尔曼, 192
- Eddington, A. 爱丁顿, 59, 79, 201, 206, 209
- Edge, D. O. 埃奇, 15
- Einstein, A. 爱因斯坦, xx, xxi, 36
falsification and 否认与爱因斯坦, 59—60, 71, 72—73, 79, 82
Lakatos and 拉卡托斯与爱因斯坦, 139—140, 142
method and 方法与爱因斯坦, 161
new experimentalism and 新实验主义与爱因斯坦, 201—202, 206, 208
paradigms and 范式与爱因斯坦, 114, 117, 119—120, 125, 142
probability and 概率与爱因斯坦, 190
realism and anti-realism 实在论与反实在论, 235
- Faraday, Michael 迈克尔·法拉第, 35, 106, 194—196, 227, 234
- Fermi, E. 费米, 239, 243
- Feyerabend, Paul 保罗·费耶阿本德, xiv xxi xxii, 149—160, 193—194
falsification and 否认与费耶阿本德, 103
Lakatos and 拉卡托斯与费耶阿本德, 147, 148
objections to 对费耶阿本德的异议, 161—162, 164, 167
paradigms and 范式与费耶阿本德, 125
probability and 概率与费耶阿本德, 174
- Franklin, A. 富兰克林, 40, 212
- Fresnel, A. J. 菲涅尔, 82, 126—127, 143, 188, 206, 235, 238, 244—245
- Freud, S. 弗洛伊德, 59, 60, 64, 73, 102, 135
- Galileo 伽利略, xx, xxi, 1, 142, 144
falsification and 否认与伽利略, 70, 72, 76—77
Feyerabend and 费耶阿本德与伽利略, 151—155, 159, 162
law of fall 落体定律, 2—3, 28, 99—101, 214—217

- moons of Jupiter 木星的卫星, 22—24
- new experimentalism and 新实验主义与伽利略, 206, 207—208, 210
- objective method 客观方法, 25
- paradigms and 范式与伽利略, 106, 117, 134—135
- probability and 概率与伽利略, 185
- realism and anti-realism 实在论与反实在论, 236
- telescope 望远镜, 17, 97—98, 125, 163—168, 171, 173
- Galison, Peter 彼得·加里森, 40, 189, 212, 250
- Galle, J. 加勒, 78, 83, 135
- Gaukroger, Stephen 斯蒂芬·高克罗格尔, 163
- Geymonat, Ludovico 卢多维克·盖莫纳特, 163
- Glymour, C. 格里默尔, 58
- Goethe, J. W. 歌德, 68
- Gooding, D. 古丁, 194, 212
- Hacking, Ian 伊恩·哈金, 26, 40, 194, 198, 212, 239—240, 243
- Halley E. 哈雷, 135, 174, 179
- Hamilton, W. R. 哈密顿, 223, 224
- Hanfling, O. 汉福林, 18
- Hanson, N. R 汉森, 5, 6, 18
- Hawking, Stephen 斯蒂芬·霍金, 171
- Helmholtz, H. van 冯·亥姆霍兹, 197
- Hempel, C. G. 亨普耳, 58, 157
- Henry, J. 亨利, 18
- Hertz, Heinrich 海因里希·赫兹, 32—36, 40, 84, 197, 204, 206, 216, 234
- Hirsch, Peter 彼得·希尔施, 211—212
- Hobbes, T. 霍布斯, 220
- Hooke, Robert 罗伯特·胡克, 20—21
- Horwich, P. 霍里奇, 192
- Howson, C. 豪森, 143, 148, 180, 182—192, 249
- Hoyningen-Huene, P. 霍伊宁根-许奈, 129
- Hume, David 大卫·休谟, 3, 50, 58, 158, 214
- Kepler, J. 开普勒, 66, 80, 98, 100, 101, 144
- Klein, U. 克莱因, 253
- Koertge, Noretta 诺雷塔·科欧奇, xii
- Kuhn, Thomas 托马斯·库恩, 103, 107—129, 193, 194
- Feyerabend and 费耶阿本德与库恩, 149, 155, 159

- Lakatos and 拉卡托斯与库恩,
130, 137—138, 141, 145, 148
new experimentalism 新实验主义,
203—204
- Lagrange, J. L. 拉格朗日, 223—224
- Lakatos, Imre 伊姆雷·拉卡托斯,
xi—xii, 36, 58, 129, 130—148,
181, 193
falsification and 否认主义与拉卡托斯, 90, 91, 103
Feyerabend and 费耶阿本德与拉卡托斯, 149, 154, 157, 159
- Larvor, B. 拉弗尔, 148
- Laudan, L. 劳丹, 173
- Lavoisier, A. 拉瓦锡, 77, 114
- Lawrence, D. H. 劳伦斯, xx
- Leplin, J. 莱普林, 246
- Leverrier, U. J. 勒威耶, 78, 136
- Locke, John 约翰·洛克, 3, 18, 158
- Lodge, Oliver 奥利弗·洛奇, 208
- Mach, Ernst 恩斯特·马赫 125, 237
- Marx, K. 马克思, xii, xix, 59, 60,
64, 73, 131, 135, 146, 147, 155
- Maxwell, James Clerk 詹姆斯·克拉克·麦克斯韦, 33, 35, 36, 197
falsification and 否认与麦克斯韦, 81, 84, 92
laws and 定律与麦克斯韦, 223
paradigms and 范式与麦克斯韦,
106—107, 109, 113, 114, 125
realism and anti-realism 实在论与反实在论, 226, 233, 235, 238
- Mayo, Deborah 黛博拉·迈约, 40,
103, 120, 148, 192, 198—205,
207—209, 212, 250
- Menter, Jim 吉姆·门特, 211
- Michelson, A. A. 迈克耳逊, 125
- Mill, John Stuart 约翰·斯图尔特·穆勒, 156
- Morley, L. 莫雷, 125
- Mulkay, Michael J. 迈克尔·J. 马尔凯, 15, 172
- Musgrave, Alan 艾伦·马斯格雷夫,
36, 103, 129, 140, 148
- Nabokov, Vladimir 弗拉基米尔·纳巴科夫, xiii
- Nagel, E. 内格尔, 157
- Nersessian, N. 内尔塞希安, 129
- Newman, W. R. 纽曼, 253
- Newton, I. 牛顿, xxi
Copernican revolution and 哥白尼革命与牛顿, 93, 100—101
falsification 否认, 66, 70, 71,
72, 75, 84, 90, 91

- Feyerabend and 费耶阿本德与牛顿, 152
- Lakatos and 拉卡托斯与牛顿, 131, 133—134, 136, 147—148
- laws and 规律与牛顿, 217, 218—219, 223—234
- Neptune and 海王星与牛顿, 78, 83, 89
- new experimentalism 新实验主义, 200—201, 202, 208
- optics before 牛顿以前的光学, 111
- paradigms and 范式与牛顿, 104, 105, 109—115, 120, 121, 125, 127, 142
- probability and 概率与牛顿, 179
- realism and anti-realism 实在论与反实在论, 226, 233, 235, 238, 242
- Nye, M. J. 奈, 15
- O'Hear, A. 奥赫尔, 86
- Oersted, H. C. 奥斯特, 194
- Osiander, A. 奥西安德, 17, 167, 236
- Ostwald, Wilhelm 威廉·奥斯特瓦尔德, 237
- Pauli, Wolfgang 沃尔夫冈·泡利, 113—114
- Perrin, Jean 让·佩林, 204, 206
- Plato 柏拉图, 80
- Poincaré, Henri 亨利·彭加勒, 232, 246
- Poisson, S. D. 泊松, 82, 126—127, 188
- Polanyi, Michael 迈克尔·波拉尼, 7—8, 112
- Popper, Karl 卡尔·波普尔, xi—xii, 26, 58, 127, 129, 193
- falsificationism 否认主义, 64, 65, 66—67, 73, 76, 79, 86, 101—103
- Feyerabend and 费耶阿本德与波普尔, 150, 157
- Lakatos and 拉卡托斯与波普尔, 130, 131, 138, 139, 141
- laws and 规律与波普尔, 214
- new experimentalism and 新实验主义与波普尔, 203, 208
- objections to induction 对归纳的异议, 59—60
- paradigms and 范式与波普尔, 119, 120, 121
- probability and 概率与波普尔, 174, 178, 179, 184, 185, 190
- realism and anti-realism 实在论与反实在论, 240, 244, 246

Post, Heinz 海因茨·波斯特, xii
 Powers, Henry 亨利·鲍尔斯, 20
 Price, Derek J. de S. 德里克·J. 德·
 S. 普赖斯, 167
 Principe, L. M. 普林西皮, 253
 Prout, William 威廉·普劳特, 36,
 182, 183—184, 189—190
 Ptolemy, C. 托勒密, 93, 94, 95, 97,
 100, 113, 139, 140—141, 151,
 167, 168
 Quine, William V. O. 威廉·V. O. 奎
 因, xii, 89, 182—183
 Roentgen, W. 伦琴, 69, 70
 Rosen, E. 罗森, 236
 Rosenkrantz, R. D. 罗森克兰茨, 192
 Rowbotham, F. J. 罗博瑟姆, 2
 Russell, Bertrand 伯兰特·罗素, 45,
 58, 80
 Russell, Denis 丹尼斯·拉塞尔, xiv
 Salmon, W. 萨尔蒙, 58
 Schilpp, P. A. 希尔普, 86, 103
 Shapere, D. 夏皮尔, 26
 Snell, W. van R. 斯涅耳, 199
 Soddy, F. 索迪, 36—37

Stove, D. 斯托夫, 58
 Suchting, Wal 沃尔·萨奇汀, xiii
 Tarski, Alfred 艾尔弗雷德·塔尔斯
 基, 229—230
 Thomason, Neil 尼尔·托马森, 210
 Thomson, J. J. 汤姆孙, 32—33, 40,
 204, 216, 222—223
 Thurber, James 詹姆斯·瑟伯, 24
 Urbach, P. 乌尔巴赫, 180, 182—
 192, 249
 van Fraassen, B. C. 范·弗拉森,
 225, 232, 246
 Wartofsky, M. W. 瓦托夫斯基, 148
 Weber, W. 韦伯, 197
 Wittgenstein, L. 维特根斯坦, xii,
 111
 Wolfe, A. B. 沃尔夫, 53
 Woolgar, Steve 史蒂夫·伍尔加, 231
 Worrall, John 约翰·沃勒尔, 130,
 140, 141, 148
 Lakatos and 拉卡托斯与沃勒尔,
 143, 146
 method and 方法与沃勒尔,

312 科学究竟是什么?

162—163, 168, 171

realism and anti-realism 实在论与

反实在论, 241, 244, 245, 246

Young, Thomas 托马斯·扬, 143

Zahar, E. 扎哈尔, 140, 148